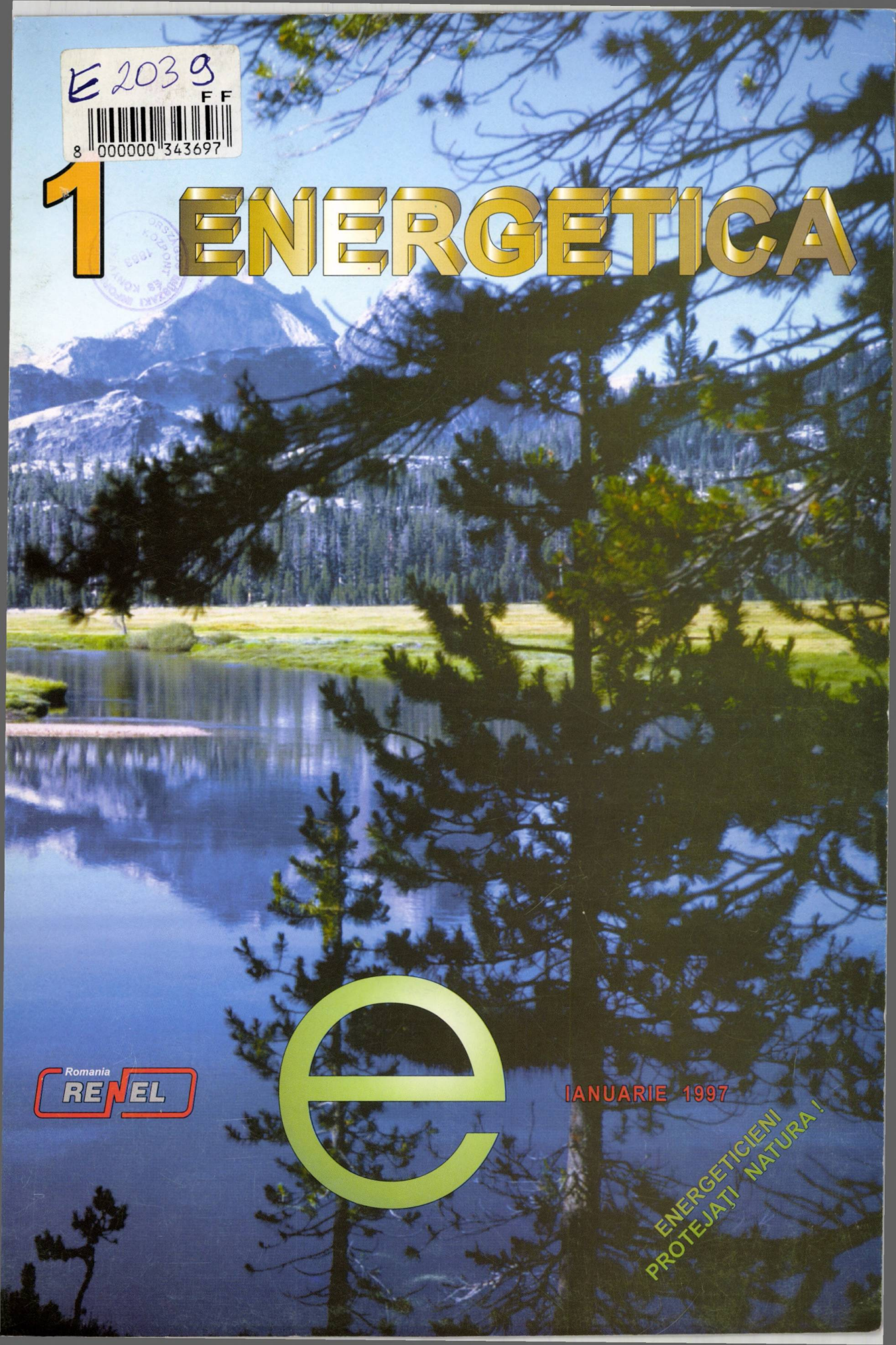
E 2039
FF
8 000000 343697

1

ENERGETICA



Romania
RENEL

IANUARIE 1997

ENERGETICIENI PROTEJAȚI NATURA !

Revista ENERGETICA vă oferă prin paginile de publicitate posibilitatea popularizării serviciilor şi produselor dv., făcându-vă mai cunoscuţi, atât în ţară, cât şi în străinătate, sporindu-vă cifra de afaceri.

Preţurile noastre sunt fără concurenţă

- ☞ **1 pg. A4, alb/negru pe coperta II sau III[x] = 950000 lei**
- ☞ **1 pg. A4, alb/negru pe coperta IV[x] = 1050000 lei**
- ☞ **1 pg. A4, alb/negru în interiorul revistei[xx] = 750000 lei**

- ➢ **1 pg. A4, color pe coperta II sau III[x] = 1500000 lei**
- ➢ **1 pg. A4, color pe coperta IV[x] = 1800000 lei**
- ➢ **1 pg. A4 color în interiorul revistei[xx] = 1200000 lei**

x) **În funcţie de spaţiul disponibil în perioada solicitată**
xx) **Nelimitat**

Nota: Comenzile pentru publicitate trebuie să fie însoţite de materialul grafic şi de textul ce urmează a fi puse în pagina de publicitate.

INFORMATICOS OFICIUL DE STAT PENTRU INVENTII SI MARCI

ENERGETICA e

®1996

REVISTA DE SPECIALITATE
A ENERGETICIENILOR
DIN ROMÂNIA

ISSN: 1220 - 5133

ANUL 45 Nr.1 IANUARIE 1997

Include şi Buletinul Informativ pentru Energetică

EDITOR: Regia Autonomă de Electricitate - RENEL
Grupul de Studii, Cercetare şi Inginerie - GSCI
Centrul de Informare şi Documentare Energetică - CIDE
B-dul Energeticienilor nr.8, sector 3, Bucureşti, cod 79.619
tel: 323.95.52
323.6730/235
fax: 323.95.52
e-mail: cide@cci. vsat. ro
telex: 10783 gsci r

COLEGIUL DE REDACŢIE
BIROUL: ing. Vasile RUGINĂ - redactor-şef; dr. ing. Jean CONSTANTINESCU - redactor-şef adjunct; prof. dr. ing. Dumitru Cezar IONESCU - redactor-şef adjunct; dr. ing. Eugeniu PAVEL; ing. Radu OPINCARU; ing. Ion CONECINI; ing. Vladimir CONSTANTINESCU; conf. dr. ing. Virgil MUŞATESCU ; ing. Dan GHEORGHIU; ing. Nicolae NICULESCU; dr. ing. Ioan GANEA
MEMBRI: prof. dr. ing. Florin ALEXE; ing. Ovidiu APOSTOL; prof. dr. ing. Victor ATHANASOVICI; prof. dr. ing. Adrian BADEA ; prof. dr. ing. Cornel BIANCHI; ing. Paul CARTIANU; ing. Mircea CÂRDU; ing.Radu CONSTANTIN; prof. dr. ing. Dorin CRISTESCU; prof. dr. ing. Nicolae DĂNILĂ; dr. ing. Laurenţiu GOIA; prof dr. ing. Nicolae GOLOVANOV ; prof. dr. ing. Dumitru IVAS; prof. dr. ing Aureliu LECA; dr. ing. Gheorghe LUCA; dr. ing. Magdalena MATEI; ing. Cornel MOŢIU; prof. dr. ing. Costin MOŢOIU ; prof. dr. ing. Constantin NEAGA; prof. dr. ing. Mircea NEMEŞ; prof. dr. ing. Valeriu NISTREANU; ing. Cornel PĂSLARU; prof. dr. ing. Alexandru POEATĂ; dr. ing. Marius POMÂRLEANU; prof. dr. ing. Florin POP; dr. ing. Teodor POPA; dr. ing. Anca POPESCU; ing. Miron POPESCU; conf. dr. ing. Petre POSTOLACHE; dr. ing. Dan Ion PREDOIU; ing. Radu REGMAN; ing. Gabriel ROMAŞCU; ing. Anton ROŞU ; ing. Margarios SALGIAN; ing. Alexandru SĂNDULESCU; ing. Emilian SIMIAN; ing. Cristian TOTOLO; ing. Anton VLĂDESCU; ing.Dan ZLĂTANOVICI
REDACTOR: Ana Maria CHIVU (tel. 321 69 66/149)

INFORMAŢII, ABONAMENTE, PUBLICITATE
Maria Tomescu (tel. 323 67 30/143)
Silvia Romanescu (tel: 323 67 30/143)
DIFUZARE: *Adela Popescu* (tel: 323 67 30/188)
Abonamentele se pot face prin dispoziţie de plată sau mandat poştal trimis pe adresa editorului. Se pot face abonamente şi prin plata direct la sediul editorului.Cititorii din străinătate se pot abona prin achitarea c/v abonamentului (120 $) în contul editorului .
CONT BANCAR: 30.11.8.01.01. BCR Filiala sector 3, Bucureşti (lei)
472171611010 (valută)
TIPAR:CIDE - Serviciul Tipografie.

©Toate drepturile asupra acestei publicaţii sunt rezervate editorului. Orice reproducere, integrală sau parţială prin indiferent ce mijloace, a materialelor apărute în paginile publicaţiei se pot face numai cu aprobarea editorului. Sunt autorizate numai citările incluse în lucrări ştiinţifice sau în alte volume, cu precizarea sursei. Opiniile exprimate în articolele publicate în revistă aparţin autorilor şi nu reflectă în mod obligatoriu punctul de vedere al editorului. Orice persoană juridică sau fizică a cărei acţiune este în concordanţă sau în contradicţie cu opiniile exprimate în materialele publicate îşi asumă riscurile urmărilor, editorul şi autorii neavând nici o răspundere.

CUPRINS

Număr special "Teoria reţelelor. Concepte noi"

CONSTANTIN BUNESCU, LIA BEJUSCU: Masa rotundă "Teoria reţelelor. Concepte noi" 3

SEBASTIAN IONESCU, GHEORGHE MORAITE, ŞTEFANIA VELICU, MARIA BOTGROS, OCTAVIAN GHEORGHE, BOGDAN MINTEANSCHI, MIOARA GHEORGHE: Metodă pentru determinarea capacităţii maxime de transport a reţelei SEN 4

MARIA TUDOSE, SORIN PĂTRĂŞCOIU, LIA BEJUSCU, MUGUR ARALD TUDOSE: Metodă hibridă de evaluare a stabilităţii tranzitorii la prima oscilaţie în cazul scurtcircuitelor trifazate la barele de înaltă tensiune ale centralelor electrice 9

SEBASTIAN IONESCU, ŞTEFANIA VELICU, MARIA BOTGROS, VERONICA TETELBAUM, OCTAVIAN GHEORGHE, BOGDAN MINTEANSCHI: Modelarea sistemelor de compensare statică a puterii reactive în programele de calcul al stabilităţii la mici perturbaţii şi al stabilităţii tranzitorii 16

POMÂRLEANU MARIUS, LIA BEJUSCU: Stabilirea domeniului necesar de observabilitate pentru reţeaua externă în vederea alegerii structurii sistemului informaţional de dispecer 27

MANFRED STEIN, CHRISTIANA BĂRBULESCU, ANA VÂLCEREANU, ALEXANDRU MOLNAR: Metode analitice de optimizare bazată pe fiabilitate a mentenanţei în reţelele electrice 32

THEODOR MICLESCU, JEAN CONSTANTINESCU, GABRIEL BAZACLIU, VIRGIL DUMBRAVĂ: Un caz de aplicare a programării dinamice: dezvoltarea reţelei sistemului electroenergetic 38

INFORMAŢII
CĂLIN MIHĂILEANU: De la Comitetul Naţional Român al CIGRE 43

DE PERSONIS 31

Our review publishes ADVERTISMENTS for your PRODUCTS, TECHNOLOGIES, SERVICES, etc.

Please, contact us at the address:
Revista ENERGETICA
GSCI, B-dul Energeticienilor nr.8,
Bucureşti III, RO 79619
Phone : (401)321 69 66/149
Fax: (401)321 10 10
Telex: 10783

Editat cu sprijinul Ministerului Cercetării şi Tehnologiei - Colegiul Consultativ pentru Cercetare Ştiinţifică şi Dezvoltare Tehnologică

Masa rotundă
"Teoria reţelelor. Concepte noi"

În ziua de 11 noiembrie 1996 revista ENERGETICA a organizat la sediul GSCI - RENEL lucrările mesei rotunde "Teoria reţelelor. Concepte noi."

Moderatori au fost ing. Constantin Bunescu şi ing. Lia Bejuscu.

Intenţia organizatorilor a fost de a pune în discuţie lucrări care au ca obiect perfecţionarea în teoria reţelelor, concretizate prin modelarea mai riguroasă a fenomenelor, prin elaborarea unor noi metode şi programe de calcul performante pentru analizele de sistem off-line sau în timp real.

Dintre propunerile primite la redacţie au fost prezentate şi supuse discuţiilor nouă lucrări. Domeniile preferenţiale au fost stabilitatea statică şi tranzitorie, optimizarea dezvoltării şi funcţionării sistemelor electroenergetice, regimul deformant.

Specialiştii prezenţi au subliniat faptul că tranziţia specifică ţărilor est-europene este însoţită şi de modificări structurale în organizarea sistemului energetic. De aceea, se impune orientarea din timp, adaptarea metodelor şi programelor de calcul atât la perspectivele imediate, cât mai ales la cele viitoare, când hotărâtoare vor fi presiunea pieţei şi a economicului.

În acest context, în domeniul stabilităţii statice s-a scos în evidenţă faptul că pentru sistemul nostru energetic este specifică stabilitatea transportului de putere şi că evaluarea capacităţii maxime de transport interzonale este necesară în orice analiză care are ca obiect planificarea şi dezvoltarea sistemului sau funcţionarea operativă. Experienţa specialiştilor noştri este remarcabilă, modelele, metodele şi programele de calcul perfecţionându-se în timp şi asigurând abordări noi, ce vor fi necesare la interconectarea SEN la reţeaua UCPTE sau la schimbările structurale preconizate de RENEL.

În domeniul stabilităţii tranzitorii se aduc o serie de contribuţii teoretice, dar testele sunt limitate la reţele de dimensiuni reduse. Din discuţii a rezultat necesitatea aprofundării metodelor, astfel ca ele să devină aplicabile în sistemele complexe existente.

De reală perspectivă pentru SEN sunt problemele legate de introducerea tehnicilor FACTS. S-a apreciat necesitatea imediată a variantelor noi de programe de calcul destinate analizelor de sistem, care să includă modelarea unor astfel de dispozitive, încât oportunitatea utilizării la noi a dispozitivelor FACTS să fie tehnic corect motivată. S-a propus dezvoltarea teoriei şi programelor de calcul în sensul simulării şi urmăririi comportării dispozitivelor FACTS la defecte nesimetrice.

Având în vedere contribuţiile româneşti deosebit de importante în domeniul regimului deformant, stadiul actual şi interesul pentru aceste probleme pe plan internaţional, s-a propus organizarea în anul 1997 a unei mese rotunde dedicate în exclusivitate acestui subiect.

Prezentările şi discuţiile purtate de specialiştii prezenţi la masa rotundă au scos în evidenţă caracterul de noutate, ideile noi care se pot identifica în lucrările supuse discuţiilor. S-a subliniat necesitatea abordării mai pragmatice a subiectelor propuse de revista "Energetica", pentru a facilita însuşirea şi aplicarea rezultatelor de către specialiştii cărora ea le este dedicată.

ing. CONSTANTIN BUNESCU - GSCI - CS
ing. LIA BEJUSCU - GSCI - CC

METODĂ PENTRU DETERMINAREA CAPACITĂŢII MAXIME DE TRANSPORT A REŢELEI SEN

dr. ing. SEBASTIAN IONESCU, dr. ing. GHEORGHE MORAITE, ing. ŞTEFANIA VELICU, ing. MARIA BOTGROS, ing. OCTAVIAN GHEORGHE, ing. BOGDAN MINTEANSCHI, ing. MIOARA GHEORGHE *

Unul dintre obiectivele principale ale proiectării şi funcţionării sistemelor energetice este determinarea capacităţii maxime de transport a reţelei. Acest obiectiv este abordat în mod diferit de fiecare ţară în funcţie de configuraţia şi dimensiunea reţelei de transport, calitatea echipamentului (în special a sistemelor de excitaţie ale generatoarelor), distanţa între centralele electrice şi centrele de consum, precum şi de experienţa de exploatare.

Lucrarea prezintă concepţia adoptată de ISPE pentru determinarea capacităţii maxime de transport a reţelei sistemului energetic naţional pe baza calculului rezervei de stabilitate la transferul de putere între zone în cadrul metodei micilor perturbaţii. Se prezintă metodologia utilizată pentru evaluarea stabilităţii aperiodice la mici perturbaţii împreună cu principiile de calcul al capacităţii maxime de transport. Aceste principii sunt aplicabile atât pentru determinarea puterii maxime admisibile transportate între diferite zone ale sistemului energetic naţional, cât şi între sistemul energetic român şi sistemele vecine.

One of the main objectives of the design and operation of the power systems is the assesment of the maximum transmission capability of the network . This objective has been investigated in different ways in each country in agreement with the configuration and the dimension of the transmission network, the quality of the equipment (the excitation systems of the generators), the distance between the power plants and the consumers, as well as the operational experience.

The paper presents the conception adopted at ISPE related to the determination of the maximum transmission capability of the national power systems network based on the calculation of the interarea power transfer stability margin with the small disturbances method.The methodology used for the assessment of power system aperiodic stability at small disturbances is presented together with the computation principles of the maximum capacity of transmission. These principles can be applied both to the assessment of the maximum allowable power to be transmitted among the different areas pf the NPS and among the Romanian power system and the neighbouring systems.

Descriptori: stabilitate la mici perturbaţii, capacitate maximă de transport

Introducere

Concepţia ISPE privind determinarea capacităţii maxime de transport a reţelei între zonele sistemului energetic naţional (SEN) se bazează pe calculul stabilităţii statice a transferului de putere interzonal. În acest scop, ISPE a elaborat produse-program, care s-au perfecţionat în decursul timpului din punctul de vedere al metodelor de analiză şi modelelor utilizate, în paralel cu complexitatea problemelor apărute în funcţionarea SEN ca urmare a dezvoltării sale şi a funcţionării interconectate cu sistemele energetice vecine. Aceste programe permit verificarea stabilităţii aperiodice la mici perturbaţii, respectiv a capacităţii sistemului de a-şi menţine funcţionarea stabilă după perturbaţii de mică amplitudine datorate variaţiilor aleatorii ale sarcinii sau puterii generate.

* Institutul de Studii şi Proiectări Energetice - ISPE, Bucureşti

1. Metodologia utilizată de ISPE în programele de calcul al stabilităţii statice

Se prezintă o metodă statică pentru analiza stabilităţii la mici perturbaţii a unui sistem energetic complex. Metoda ţine seama numai de influenţa puterilor sincronizante ale generatoarelor asupra stabilităţii la mici perturbaţii; cauza instabilităţii o constituie trecerea unei valori proprii reale de la o valoare negativă la una pozitivă (instabilitate aperiodică). În [1] se demonstrează că schimbarea semnului unei valori proprii conduce la schimbarea semnului termenului liber p_0 al ecuaţiei caracteristice:

$$p_0 = (-1)^n \cdot p_n \cdot \lambda_1 \cdot \ldots \lambda_n , \qquad (1)$$

unde:

n este ordinul ecuaţiei caracteristice;

p_n - coeficientul termenului de gradul n;

$\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n$ - rădăcinile ecuaţiei caracteristice.

Să presupunem că ecuaţia caracteristică are **m** valori proprii reale şi **(n-m)** valori proprii complex conjugate; deoarece **(n-m)** este par rezultă $(-1)^n=(-1)^m$; produsul a două rădăcini complex conjugate este > 0 şi deci $\lambda_{m+1}\cdot\lambda_{m+2}\cdot\ldots\cdot\lambda_n>0$; toate celelalte rădăcini sunt considerate negative:

$\lambda_i = -\sigma_i$ cu $\sigma_i > 0 (i=1,\ldots, m)$ şi rezultă:

$\lambda_1\cdot\ldots\cdot\lambda_m = (-1)^m\cdot\sigma_1\cdot\ldots\cdot\sigma_m$

deci

$$p_0 = (-1)^{2m}\cdot p_n\cdot\sigma_1\cdot\ldots\sigma_m\cdot(\lambda_{m+1}\cdot\ldots\lambda_n). \quad (2)$$

Rezultă că în cazul unui regim de funcţionare stabil (cu valori proprii negative) raportul dintre termenul liber al ecuaţiei caracteristice şi coeficientul termenului de gradul cel mai ridicat este pozitiv:

$$\frac{p_0}{p_n} = (-1)^{2m}\cdot\sigma_1\cdot\ldots\omega_m\cdot(\lambda_{m+1}\cdot\ldots\lambda_n) > 0.$$

Dacă prin înrăutăţirea regimului de funcţionare o rădăcină trece în semiplanul stâng ($\sigma_i<0$), rezultă că $\left(\frac{p_0}{p_n}\right)$ îşi schimbă semnul şi devine negativ.

În concluzie, se foloseşte următoarea condiţie necesară pentru analiza statică a stabilităţii aperiodice la mici perturbaţii:

$$\frac{p_0}{p_n} > 0. \quad (3)$$

Să considerăm o reţea cu N noduri într-un regim iniţial de funcţionare. Reţeaua conţine NV noduri de tip (P,V), NC noduri de tip (P,Q) şi nodul de echilibru NE (N=NV+NE=NC).

Reţeaua cu N noduri (denumită în continuare reţea restrânsă) se extinde prin conectarea în nodurile (NV+NE) a reactanţelor generatoarelor. Se formează astfel o reţea extinsă, care conţine cele N noduri ale reţelei restrânse şi NG noduri în spatele reactanţelor generatoarelor.

În reţeaua extinsă nodurile NG (indice *g*) sunt de tip (P,V) (mărimile impuse fiind P şi V; V reprezintă tensiunea electromotoare din spatele reactanţelor generatoarelor), iar toate nodurile N ale reţelei restrânse devin de tip (P,Q) - indice *c*. În reţeaua extinsă unul dintre nodurile NG (se admite că acesta este nodul numerotat cu 1) reprezintă nodul de echilibru şi originea de fază $\Theta_1=0$.

Se consideră o mică perturbaţie la regimul permanent iniţial şi se formează matricea operaţională [H(s)], având expresia generală:

$$[H(s)] = \begin{array}{|c|c|c|} \hline M_g s^2+H_{gg} & H_{gc} & N_{gc} \\ \hline H_{cg} & H_{cc} & N_{cc} \\ \hline J_{cg} & J_{cc} & L_{cc} \\ \hline \end{array} \quad (4)$$

În (4) s-a considerat că în regim de mici perturbaţii fiecare din cele (NG-1) noduri din spatele reactanţelor generatoarelor se modelează prin ecuaţia operaţională electromecanică ("de mişcare"):

$$M_g\cdot s^2\cdot\Delta\Theta_g + \Delta P_g = 0, \quad (5)$$

în care:

s este operatorul Laplace.

$\Delta\Theta_g$ - variaţia unghiului intern al generatorului;

ΔP_g - variaţia puterii active produse;

M_g - constanta de inerţie a grupului.

ΔP_g se exprimă în funcţie de variaţiile mărimilor $\Delta\Theta_g$ şi $\Delta\Theta_c$, $\Delta V_c/V_c$ (abaterea argumentului şi modulului tensiunii nodului *c* de tip (P,Q) la care generatorul *g* este conectat).

În fiecare din nodurile N ale reţelei extinse se scriu câte două ecuaţii algebrice de bilanţ ale puterilor active şi reactive:

$$\Delta P_c = 0, \quad \Delta Q_c = 0 \quad (6)$$

Ecuaţiile (6) cuprind variaţia puterilor pe laturile incidente în fiecare nod *c* al reţelei extinse şi variaţiile puterilor consumate (în funcţie de tensiune) în aceste noduri.

Coeficienţii H, N, J, L din (4) reprezintă derivatele parţiale ale puterilor active şi reactive în funcţie de argumentele şi modulele tensiunilor din nodurile reţelei. Pentru detalii privind formarea matricei [H(s)] vezi [2].

Ecuaţia caracteristică corespunzătoare regimului de mici perturbaţii se obţine prin calculul determinantului matricei operaţionale [H(s)]:

$$D(s) = \det[H(s)] = 0 \quad (7)$$

Conform [1] în expresia condiţiei necesare de stabilitate aperiodică (3) intervin termenul liber p_0 şi coeficientul termenului de gradul cel mai mare p_n din ecuaţia caracteristică. În [2] se arată că:

$$p_0 = \det[J] = \det[H(s)]_{s=0}, \quad (8)$$

în care [J] este matricea Jacobian a reţelei extinse:

$$[J] = \begin{array}{|c|c|c|} \hline H_{gg} & H_{gc} & N_{gc} \\ \hline H_{cg} & H_{cc} & N_{cc} \\ \hline J_{cg} & J_{cc} & L_{cc} \\ \hline \end{array} \quad (9)$$

Coeficientul termenului de gradul cel mai mare are expresia (vezi [2]):

$$p_n = (M_2\cdot M_3\cdot\ldots\cdot M_{NG})\cdot\det[J_c], \quad (10)$$

în care apare produsul momentelor de inerţie ale generatoarelor 2, 3,...,NG şi determinantul matricei $[J_c]$ care este o submatrice din [J]:

$$[J_c] = \begin{array}{|c|c|} \hline H_{cc} & N_{cc} \\ \hline J_{cc} & L_{cc} \\ \hline \end{array} \quad (11)$$

Deoarece produsul $M_2 \cdot M_3 \cdot \ldots \cdot M_{NG}$ este pozitiv, condiţia necesară de stabilitate aperiodică (3) capătă forma (12):

$$\frac{det[J]}{det[J_c]} > 0. \qquad (12)$$

Pentru a calcula det[J], respectiv det[J_c], se transformă matricele respective în matrice triunghiulare superioare, folosind eliminări ordonate Gauss, şi apoi se efectuează produsul elementelor diagonale.

La evaluarea stabilităţii aperiodice se ţine seama implicit de influenţa reglajului automat al tensiunii la generatoare, considerând la formarea reţelei extinse:

- reactanţa tranzitorie, dacă în regimul permanent calculat pe reţeaua restrânsă puterea reactivă produsă de generator este între limitele admisibile Q_{min} şi Q_{max};
- reactanţa sincronă, dacă, în acelaşi regim, generatorul funcţionează la limita maximă (Q_{max}) sau minimă (Q_{min}).

2. Program de calcul al stabilităţii la mici perturbaţii - Programul NIST

NIST este un program de analiză statică a stabilităţii la mici perturbaţii executabil pe calculatoare personale compatibile IBM sub interfaţă grafică WINDOWS, implementat în limbajul C++. Programul, elaborat de Institutul de Studii şi Proiectări Energetice, permite determinarea capacităţii maxime de transport în reţele de mari dimensiuni (până la 4000 de noduri) pe baza calculelor de regimuri permanente succesiv înrăutăţite şi de verificare a criteriului de stabilitate aperiodică la mici perturbaţii. Pentru calculul regimurilor permanente, în programul NIST se utilizează metoda Newton-Raphson completă, implementată eficient, cu îmbunătăţirea tehnicii de control al basculării nodurilor de tip P, V în noduri de tip P, Q şi reciproc.

3. Principii de evaluare a capacităţii maxime de transport a reţelei

Analiza stabilităţii statice a sistemului energetic în vederea determinării capacităţii maxime de transport a reţelei acestuia implică parcurgerea următoarelor etape de calcul:

- determinarea regimului staţionar iniţial de funcţionare al reţelei propriu-zise de 110, 220 şi 400 kV (cu modelarea nodurilor de la bornele grupurilor generatoare), utilizând metoda Newton-Raphson;
- extinderea reţelei cu nodurile interne ale generatoarelor (în spatele reactanţelor) şi calculul tensiunilor electromotoare, astfel încât regimul de funcţionare a reţelei propriu-zise să rămână invariant;
- formarea matricei [J], a submatricei [J_c] şi verificarea criteriului de stabilitate (12); la calculul elementelor diagonale ale matricelor [J] şi [J_c] se ţine seama de variaţia puterilor consumate (P_c,Q_c) în funcţie de tensiunile din noduri, considerând, de exemplu, caracteristici statice de forma:

$$P_c = const.; \quad Q_c = a + bU^2 ; \qquad (13)$$

- dacă regimul staţionar este static stabil conform criteriului (12), se calculează un alt regim staţionar mai greu în reţeaua propriu-zisă, conform unei ipoteze plauzibile de înrăutăţire, simulând creşterea puterii transportate din zonele excedentare spre zonele deficitare de putere ale sistemului energetic. Această simulare se realizează prin încărcarea cu putere activă a grupurilor generatoare din zonele excedentare ale sistemului energetic şi descărcarea de putere activă a grupurilor generatoare sau creşterea consumului în unele zone deficitare din sistem. Procesul se continuă, reluându-se etapele enumerate anterior, până la atingerea regimului critic (limita de stabilitate statică). Capacitatea de transport maximă admisibilă pentru o zonă analizată se calculează cu relaţia:

$$P_{max.adm.} = \frac{P_{critic} - 1{,}4\sqrt{\sum P_c}}{K_r}, \qquad (14)$$

unde:

P_{critic} este puterea totală tranzitată spre sau din zona analizată în regim critic;

$\sum P_c$ - puterea totală consumată în zona studiată;

K_r - coeficient de rezervă:

K_r = 1.20 pentru configuraţia cu N elemente în funcţiune;

K_r = 1.08 pentru configuraţia cu N-1 elemente în funcţiune.

Dacă în regimurile cu rezervă de stabilitate statică de 20% sau 8% are loc depăşirea curentului limită termic pe anumite elemente de reţea sau tensiunile anumitor noduri violează limitele normate, capacitatea maximă de transport este redusă (faţă de cea determinată conform metodologiei sus-menţionate) până la o valoare pentru care toate mărimile de mai sus sunt în limitele normate.

Aceasta înseamnă că valoarea capacităţii maxime de transport este determinată în anumite situaţii din condiţia de a asigura rezerva de stabilitate statică normată, iar în alte situaţii, din condiţia de a menţine încărcarea pe elementele de reţea şi/sau tensiunile în noduri în limitele normate.

În cel de-al doilea caz, rezerva de stabilitate este mai mare de 20%, respectiv 8%.

Un procedeu de determinare a rezervei de stabilitate de tensiune în sisteme energetice complexe folosind soluţia sistemului de ecuaţii algebrice a fost propus recent în [3]. Rezerva de stabilitate este definită în raport cu un regim de bază, ipoteza de înrăutăţire fiind creşterea succesivă a sarcinii totale în zona studiată până la atingerea regimului critic. Sarcina totală în zona studiată este definită ca fiind parametrul cheie al sistemului - "Key System Parameter" (KSP). Se consideră că există o rezervă suficientă de stabilitate de tensiune dacă în stările N şi (N-1) de contingenţe credibile, valoarea KSP este ≥ 7% faţă de valoarea sarcinii în regimul de bază. Regimul critic de stabilitate de tensiune corespunde valorii lui KSP, peste care nu mai există o soluţie de regim permanent (circulaţii de puteri) în reţeaua restrânsă. Pentru calculul regimurilor permanente se utilizează programul VSTAB, în care este implementată metoda decuplată rapidă.

Spre deosebire de metoda de calcul din lucrarea [3], în programul NIST stabilitatea aperiodică la mici perturbaţii se evaluează mai precis folosind criteriul de stabilitate (12) aplicat asupra reţelei extinse, formată din reţeaua restrânsă la care s-au introdus reactanţele generatoarelor.

4. Aplicaţii

Analiza condiţiilor de funcţionare a SEN în diverse etape de dezvoltare a evidenţiat posibilitatea delimitării următoarelor secţiuni caracteristice pentru stabilitatea transferului de putere între zonele excedentare şi deficitare (fig.1):

- S_1 - Oltenia, zona excedentară;
- S_2 - care delimitează partea de vest a SEN (excedentară), de cea de est (deficitară);
- S_3 - Moldova + Dobrogea, zonă deficitară;
- S_4 - Transilvania de Nord, zonă deficitară;
- S_5 - Moldova, zonă deficitară.

Utilizând metodologia prezentată mai sus, în ISPE s-a efectuat o analiză detaliată a capacităţii maxime de transport (CMT) a reţelei SEN, între secţiunile caracteristice ale acestuia, pentru etapa actuală şi de perspectivă, considerând diverse ipoteze de evoluţie a consumului, centralelor şi a configuraţiei reţelei.

Pentru fiecare secţiune caracteristică s-a determinat CMT interzonală în condiţiile cele mai restrictive, selectate din analiza regimurilor cu N-1 elemente în funcţiune.

Totodată s-a estimat pentru fiecare nouă linie de transport interzonală, planificată a se construi în vederea întăririi reţelei SEN, contribuţia pe care aceasta o aduce la creşterea CMT interzonale.

În continuare se prezintă spre exemplificare rezultatele obţinute pentru două secţiuni, distincte din punctul de vedere al caracteristicilor de funcţionare. Calculele s-au efectuat pentru o anumită ipoteză de dezvoltare a configuraţiei reţelei de transport şi o

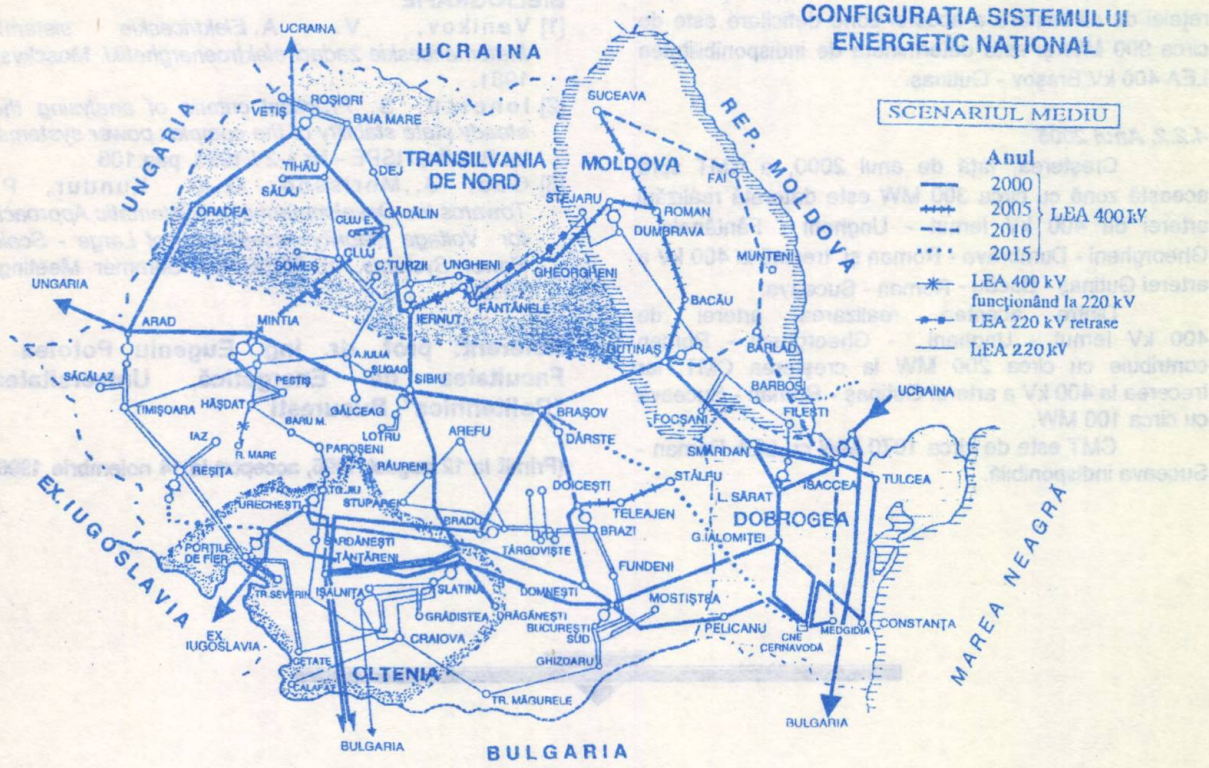


Fig.1. Configuraţia sistemului energetic naţional.

evoluţie a dezvoltării consumului de energie electrică, a capacităţii de producţie şi a reţelei de transport.

4.1. Secţiunea Transilvania de Nord (S_4)

4.1.1. Anul 2000

Capacitatea maximă de transport a reţelei de alimentare a acestei secţiuni în ipoteza că în această etapă se realizează artera de 400 kV Sibiu - Mintia - Arad - Oradea, variază între 810 şi 1170 MW, funcţie de elementul indisponibil. Ea este limitată la 810 MW (cu rezervă de stabilitate de 8%) şi este determinată de indisponibilitatea LEA 400 kV Iernut - Sibiu.

4.1.2. Anul 2005

Întărirea reţelei SEN prin realizarea LEA 400 kV Mintia - CHEAP Tarniţa - Cluj şi a arterei 400 kV Iernut - Ungheni - Fântânele - Gheorgheni - Dumbrava are ca efect creşterea faţă de anul 2000 a CMT spre această zonă cu circa 450 MW. Din această valoare circa 300 MW reprezintă aportul LEA Mintia - CHEAP Tarniţa - Cluj, iar al arterei de 400 kV Iernut - Ungheni - Fântânele - Gheorgheni - Dumbrava este de circa 150 MW.

În aceste condiţii, CMT a reţelei de alimentare a secţiunii variază între 1250 şi 1350 MW, funcţie de elementul indisponibil. CMT este de circa 1250 MW cu LEA 400 kV Arad - Oradea sau Iernut - Sibiu indisponibilă.

4.2. Secţiunea Moldova (S_5)

4.2.1. Anul 2000

Capacitatea maximă de transport (CMT) a reţelei de alimentare a acestei zone deficitare este de circa 900 MW şi este determinată de indisponibilitatea LEA 400 kV Braşov - Gutinaş.

4.2.2. Anul 2005

Creşterea, faţă de anul 2000, a CMT spre această zonă cu circa 300 MW este datorată realizării arterei de 400 kV Iernut - Ungheni - Fântânele - Gheorgheni - Dumbrava - Roman şi trecerii la 400 kV a arterei Gutinaş - Bacău - Roman - Suceava.

Dintre acestea, realizarea arterei de 400 kV Iernut - Ungheni - Gheorgheni - Roman contribuie cu circa 200 MW la creşterea CMT, iar trecerea la 400 kV a arterei Gutinaş - Roman - Suceava cu circa 100 MW.

CMT este de circa 1070 MW cu LEA Roman - Suceava indisponibilă.

Concluzii

Metoda prezentată în articol permite analiza unor probleme deosebit de actuale pe plan mondial [3]. În cadrul SEN aceste probleme au apărut de circa 10 ani, date fiind condiţiile de dezvoltare şi caracteristicile sistemului energetic românesc. În această perioadă specialiştii români au acumulat o experienţă bogată şi au îmbunătăţit continuu modelele, metodele şi programele de calcul.

În prezent, analize de tipul celei prezentate în articol se fac în mod curent la DEN şi ISPE în activitatea de:

- programare a regimurilor operative de funcţionare a SEN;
- planificare şi dezvoltare în perspectivă a SEN;
- dezvoltare şi exploatare a automaticilor de sistem pentru limitarea extinderii avariilor.

În perspectivă, prin viitoarea interconectare a SE al României cu sistemele energetice din cadrul UCPTE, ca şi prin schimbările structurale preconizate a avea loc în cadrul RENEL, se vor crea premisele trecerii la piaţa liberă de energie. În acest sens problema asigurii transferului interzonal de energie electrică în condiţii static stabile va deveni deosebit de importantă, impunând un volum sporit de astfel de analize.

BIBLIOGRAFIE

[1] Venikov, V. A. *Elektriceskie sistemî. Matematiceskie zadaci elektroenerghetiki.* Moscova, 1981.

[2] Ionescu, S. *Practical criteria of analysing the steady state stability of the complex power systems.* In: Buletinul ISPE - Nr.1-2 / 1993, pag.105

[3] Gao, B., Morisson, G.K., Kundur, P. *Towards the Development of a Systematic Approach for Voltage Stability Assessment of Large - Scale Power Systems.* In: IEEE/PES Summer Meeting, 1995.

Referent: prof. dr. ing. Eugeniu Potolea - Facultatea de Energetică, Universitatea "Politehnica", Bucureşti

(Primit la 12 august 1996, acceptat la 14 noiembrie 1996)

METODĂ HIBRIDĂ DE EVALUARE A STABILITĂŢII TRANZITORII LA PRIMA OSCILAŢIE ÎN CAZUL SCURTCIRCUITELOR TRIFAZATE LA BARELE DE ÎNALTĂ TENSIUNE ALE CENTRALELOR ELECTRICE

conf. dr. ing. MARIA TUDOSE *; conf. dr. ing. SORIN PĂTRĂŞCOIU *; ing. LIA BEJUSCU **;
ing. MUGUR ARALD TUDOSE ***

Metoda propusă face parte din categoria metodelor hibride de evaluare a stabilităţii tranzitorii la prima oscilaţie în sistemele electroenergetice. Metoda aplică bine cunoscuta lege a ariilor într-un mod complet diferit de cel întâlnit în literatura de specialitate. Într-un sistem electroenergetic redus la nodurile interne, fiecare generator interacţionează cu toate celelalte generatoare. În marea majoritate a cazurilor, numai o parte din aceste interacţiuni prezintă importanţă pentru pierderea stabilităţii tranzitorii. Aceste legături se numesc legături semnificative pentru un regim permanent dat şi pentru o avarie dată şi pe ele se aplică legea ariilor.

Metoda a fost verificată pe un sistem cu nouă noduri şi pe un sistem cu 30 noduri, care reprezintă o parte din SEN. Simplitatea metodei şi rezultatele interesante obţinute până în prezent, pledează în favoarea continuităţii cercetării stabilităţii tranzitorii pe această cale.

The proposed method belongs to hibrid methods category used for asses the first swing transient stability of power systems. The method applies the well-kbown areas law in a completely different way compared with the usual way reported in literature. Within a power system reduced to the generators internal nodes, each generator interacts with all others system's generators. Generally, only few of these interactions are important for the loss of the transient stability. These links are called the significant links for a given steady-state regime and a given disturbance and the areas law is applied for them. The method was verified an a 9-nodes system and on a 30-nodes system, representing a part of Romanian National Power System. The simplity of the method together with the interesting results obtained up till now, encourage the authors to study forward the proposed method.

Descriptori: stabilitatea tranzitorie la prima oscilaţie, metode numerice, directe şi hibride de calcul al stabilităţii tranzitorii, admitanţe de transfer, legea ariilor

Introducere

Deşi în studiile de stabilitate tranzitorie, timpul critic de deconectare a avariei determinat cu ajutorul metodelor numerice [1, 4, 5] este considerat ca referinţă, metodele numerice nu pot preciza întotdeauna care sunt generatoarele responsabile de pierderea stabilităţii sistemului şi nu pot da informaţii asupra rezervelor de stabilitate.

Aceste dificultăţi sunt învinse de metodele directe [1, 2, 7, 13], care, însă, prezintă dezavantajul că pentru a putea fi aplicate necesită cunoaşterea punctului de echilibru instabil, problemă foarte dificilă , care pune condiţii grele de convergenţă şi de volum de calcul.

Metodele hibride, din care face parte şi metoda propusă în cadrul acestei lucrări , caută să îmbine calităţile metodelor numerice cu cele ale metodelor directe. Ideea lucrării se bazează pe observaţia că în regimul tranzitoriu postavarie, atingerea de către generatorul cu cea mai mare valoare a unghiului intern, numit generatorul cel mai stresat, a punctului de echilibru instabil, coincide, în timp, cu atingerea punctului de echilibru instabil, pe cel puţin una din interacţiunile (legăturile) lui cu celelalte generatoare din sistem. Determinarea punctului de echilibru instabil pe o anumită interacţiune se realizează simplu prin rezolvarea unei ecuaţii trigonometrice. Interacţiunea respectivă se tratează ca un generator cu puterea şi constanta de inerţie corespunzătoare, astfel încât ecuaţia lui de mişcare să descrie aceeaşi variaţie a unghiului intern cu cea a generatorului real. Având punctul

* Universitatea "Politehnica", Bucureşti
** GSCI - Centrul de Cercetare
*** RENEL

de echilibru instabil al unui astfel de generator, cu ajutorul legii ariilor se determină unghiul limită de deconectare a avariei. Se repetă acest lucru pentru fiecare din interacţiunile semnificative ale generatorului stresat. Printr-o metodă numerică de pas cu pas, se determină timpul critic corespunzător fiecărui unghi limită de deconectare, precum şi timpul critic mediu corespunzător unui unghi limită mediu de deconectare a avariei. În felul acesta se obţin informaţii asupra generatoarelor responsabile de pierderea stabilităţii, precum şi timpul critic de deconectare a avariei.

1. Modelul matematic al metodei prezentate

Într-un sistem electroenergetic complex, fiecare generator interacţionează cu celelalte generatoare prin intermediul puterilor de transfer care, atâta vreme cât unghiurile rotorice relative n-au depăşit anumite valori, au rolul unor forţe sincronizante, de restabilire a funcţionării sistemului la o frecvenţă unică , ori de câte ori apar forţe care tind să accelereze sau să frâneze un generator sau un grup de generatoare faţă de celelalte.

Pentru o avarie dată, puterile transferate la un moment dat, între generatorul stresat şi celelalte generatoare, au valori foarte diferite , fiind funcţie de topologia reţelei , de repartiţia sarcinii şi a generării , de unghiurile dintre generatoare , deci şi de inerţiile maşinilor. Modelul clasic al stabilităţii tranzitorii [1, 12] reflectă corect toţi aceşti factori şi s-a ales ca model de studiu în cadrul acestei lucrări.

Pentru un regim permanent normal (RPN) cunoscut se liniarizează sarcinile, generatoarele electrice se înlocuiesc prin t.e.m. constante în modul, în spatele reactanţelor tranzitorii, puterile mecanice se consideră constante, se neglijează cuplurile de amortizare, şi se presupune că unghiurile rotorice coincid cu argumentele t.e.m. din spatele reactanţelor tranzitorii.

Pentru regimul permanent considerat şi pentru o avarie dată se determină matricele admitanţelor nodale reduse la nodurile interne, pentru regimul normal, $\left[\underline{Y}^{N}_{Ng,\,Ng}\right]$ şi pentru regimul de avarie $\left[\underline{Y}^{A}_{Ng,\,Ng}\right]$. Se consideră regimul post-avarie identic cu cel normal.

În RPN, puterea variabilă cu unghiul ce poate fi transferată de la generatorul i la generatorul j este:

$$P_{ij}^{N} = E_i E_j (G_{ij}^{N} \cos\delta_{ij} + B_{ij}^{N} \sin\delta_{ij}) \quad i,j = 1 \ldots Ng \qquad (1)$$

Pentru scurtcircuit trifazat la barele de înaltă tensiune ale centralei i pe toate legăturile spre şi dinspre generatorul echivalent al acestei centrale, puterile transferate sunt nule, deoarece toţi termenii $\underline{Y}^{A}_{ij}$ sunt nuli [8] :

$$P_{ij}^{A} = P_{ji}^{A} = 0 \; j = 1 \ldots Ng, \quad j \neq i \qquad (2)$$

Puterile transferate în regim de avarie (RA) între celelalte generatoare, diferite de generatorul i , sunt diferite de zero. Astfel, între generatoarele q, s, puterea activă transferată la avarie, are expresia:

$$P_{qs}^{A} = E_q E_s (G_{qs}^{A} \cos\delta_{qs} + B_{qs}^{A} \sin\delta_{qs})$$
$$q,s = 1 \ldots N_g, \; q,s \neq i \qquad (3)$$

Diferenţa dintre puterea posibil a fi transferată între două generatoare în RPN şi în RA reprezintă puterea blocată la avarie pe interacţiunea respectivă, P_{ij}^{B} .

$$P_{ij}^{B} = P_{ij}^{N} - P_{ij}^{A} = P_{ij}^{N}, \quad i,j = 1 \ldots Ng$$
$$P_{qs}^{B} = P_{qs}^{N} - P_{qs}^{A}, \quad q,s = 1 \ldots Ng, \quad q,s \neq i \qquad (4)$$

Se realizează o listă care ierarhizează puterile blocate la avarie pe diversele legături.

Să presupunem că pentru o avarie dată se cunoaşte generatorul i responsabil de pierderea stabilităţii, numit generatorul cel mai stresat.

În timpul regimului tranzitoriu ecuaţia de mişcare a generatorului i, este:

$$M_i \frac{d^2\delta_i}{dt^2} = P_{mi} - P_{ei} = \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq i}}^{Ng} P_{mij} - \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq i}}^{Ng} E_i E_j \cdot$$
$$\cdot (G_{ij} \cos\delta_{ij} + B_{ij} \sin\delta_{ij}), \quad \text{unde:} \qquad (5)$$

M_i reprezintă constanta de inerţie ;

δ_i - unghiul intern măsurat faţă de spaţiul de referinţă sincron;

P_{mi} - puterea mecanică a maşinii micşorată cu puterea electrică independentă de unghi;

P_{mij} - puterea mecanică egală cu valoarea puterii electrice ce se transmite în RPN pe legătura i-j;

P_{ei} - puterea electrică debitată de maşină, funcţie de unghiurile interne;

E_i, E_j - tensiunile electromotoare de la nodurile interne ale generatoarelor

G_{ij}, B_{ij} - partea reală, respectiv imaginară a admitanţei de transfer dintre nodurile i şi j.

În RPN ecuaţia (5) are valoarea nulă, iar puterile mecanice corespunzătoare puterilor electrice transferate pe diverse legături au valorile:

$$P_{mij} = P_{eij} = E_i E_j (G_{ij}^{N} \cos\delta_{ij0} + B_{ij}^{N} \sin\delta_{ij0}),$$
$$i,j = 1 \ldots N_g \qquad (6)$$

unde:

$N'g$ reprezintă numărul de generatoare cu care interacţionează generatorul i:

$$N'g = Ng - 1;$$

δ_{ij0} - valorile iniţiale ale unghiurilor interne.

Din analiza concretă a fiecărei avarii, cu ajutorul informaţiilor pe care le pot oferi valorile puterilor menţionate, precum şi prin aplicarea unor metode numerice de pas cu pas pentru o durată medie de avarie, se determină generatorul cel mai stresat, precum şi interacţiunile lui semnificative. Interacţiunea semnificativă a generatorului stresat este acea interacţiune care are capacitatea să reflecte suficient de exact comportarea acestuia în timpul procesului tranzitoriu.

Se presupune că la scurtcircuit trifazat la barele de înaltă tensiune ale centralei i generatorul cel mai stresat este chiar generatorul i. În acest caz puterea transmisă în timpul avariei de la generatorul i, la oricare alt generator este nulă şi ecuaţia (5) devine:

$$M_i \frac{d^2\delta_i}{dt^2} = P_{mi} \quad \text{sau} \quad \frac{d^2\delta_i}{dt^2} = \frac{P_{mi}}{M_i} . \tag{7}$$

Se presupune că în nodul i există un alt generator care are legătură numai cu nodul j prin intermediul legăturii i - j din modelul redus. El primeşte puterea mecanică P_{mij} şi se pune problema care trebuie să fie constanta lui de inerţie, M_{ij}, pentru ca în timpul avariei ecuaţia lui de mişcare să fie identică cu a generatorului real.

Ecuaţia de mişcare a unui astfel de generator este:

$$\frac{d^2\delta_j}{dt^2} = \frac{P_{mij}}{M_{ij}} . \tag{8}$$

Pentru ca variaţia unghiului să fie aceeaşi este necesar ca:

$$\frac{P_{mi}}{M_i} = \frac{P_{mij}}{M_{ij}} . \tag{9}$$

Din (9) rezultă:

$$M_{ij} = M_i \frac{P_{mij}}{P_{mi}} . \tag{10}$$

Pentru regimul tranzitoriu de după deconectarea avariei, ecuaţiile de mişcare a generatorului real şi a celui considerat ca având legătură numai cu nodul j, sunt:

$$M_i \frac{d^2\delta_i}{dt^2} = P_{mi} - P_{ei} , \tag{11}$$

$$M_{ij} \frac{d^2\delta_i}{dt^2} = P_{mij} - P_{eij} . \tag{12}$$

Pentru ca relaţiile (11) şi (12) să descrie aceeaşi mişcare este necesar ca:

$$\frac{P_{mi} - P_{ei}}{M_i} = \frac{P_{mij} - P_{eij}}{M_{ij}} . \tag{13}$$

Se introduce în (13) relaţia (10) şi se obţine:

$$P_{mi} / M_i \, (1 - P_{ei} / P_{mi}) = P_{mi} / M_i \, (1 - P_{eij} / P_{mij}) . \tag{14}$$

Rezultă că în regimul tranzitoriu trebuie satisfăcută în orice moment relaţia:

$$\frac{P_{ei}}{P_{mi}} = \frac{P_{eij}}{P_{mij}} . \tag{15}$$

Se constată următoarele : relaţia (15) este satisfăcută în momentul iniţial al avariei, când puterea electrică totală P_{ei} este egală cu puterea mecanică totală P_{mi} , iar puterea mecanică care revine legăturii i-j P_{mij} este egală cu puterea electrică P_{eij} transferată pe această legătură; relaţia (15) este satisfăcută, de asemenea, în momentul când generatorul i intră în punctul de echilibru instabil , care coincide cu momentul de timp în care se realizează punctul de echilibru instabil pe interacţiunea i-j . Deci relaţia (15) este satisfăcută în cele două momente de timp care delimitează procesul tranzitoriu , momentul iniţial al avariei şi momentul final al desprinderii din sincronism, când are valoarea unitate. Se precizează faptul că generatoarele de la extremităţile legăturilor semnificative ale generatorului stresat sunt generatoarele care au unghiuri mari, iar puterile transferate spre ele în RPA şi care au fost blocate în timpul avariei au de asemenea valori mari. Pe legătura i-j, care are punctul de echilibru stabil caracterizat prin δ_{ij0} ,iar pe cel de echilibru instabil caracterizat prin δ_{ijm} , se aplică legea ariilor.

Conform celor menţionate anterior:

$$P_{mij} = E_i E_j (G_{ij}^N \cos \delta_{ij} + B_{ij}^N \sin \delta_{ij}) . \tag{16}$$

Valoarea lui P_{mij} rezultă din relaţia (6). Cele două soluţii ale ecuaţiei trigonometrice (16) sunt unghiurile δ_{ijo} şi δ_{ijm}. Ecuaţia de mişcare a generatorului de putere mecanică P_{mij} ce are legătură numai cu nodul j este:

$$M_{ij} \frac{d^2\delta_{ij}}{dt^2} = P_{mij} - P_{eij} , \tag{17}$$

care în urma unor transformări simple devine:

$$\begin{aligned} M_{ij} \frac{d\omega_{ij}}{dt} &= P_{mij} - P_{eij} = \Delta P_{ij} , \\ M_{ij} \omega_{ij} \frac{d\omega_{ij}}{dt} &= \Delta P_{ij} \frac{d\delta_{ij}}{dt} , \\ \frac{M_{ij}}{2} d\left(\omega_{ij}^2\right) &= \Delta P_{ij} d\delta_{ij} , \\ \frac{M_{ij}}{2} d\,(\omega_j^2) &= \Delta P_{ij}\, d\,\delta_{ij} . \end{aligned} \tag{18}$$

Presupunând că mişcarea rotorului i nu depăşeşte punctul corespunzător unghiului δ_{ijm}, căruia îi corespunde $\omega_i = \omega_j$ prin integrarea relaţiei (18) între δ^{ij0} şi δ_{ijm} se obţine:

$$\frac{M_{ij}}{2}\omega_{ij}^2\Big|_0^0 = \int\left[P_{mij} - E_i E_j (G_{ij}\cos\delta_{ij} + B_{ij}\sin\delta_{ij})\right] d\,\delta_{ij} \qquad (19)$$

Din (19) rezultă:

$$P_{mij}(\delta_{ijm} - \delta_{ij0}) = E_i E_j G_{ij}^N (\sin\delta_{ijm} - \sin\delta_{ijdec}) - E_i E_j \cdot B_{ij}^N (\cos\delta_{ijm} - \cos\delta_{ijdec}) . \qquad (20)$$

Ecuaţia trigonometrică (20) se rezolvă în raport cu δ_{ijdec} . În virtutea celor menţionate δ_{ijdec} este egal cu δ_{idec} (fig.1 *a*).

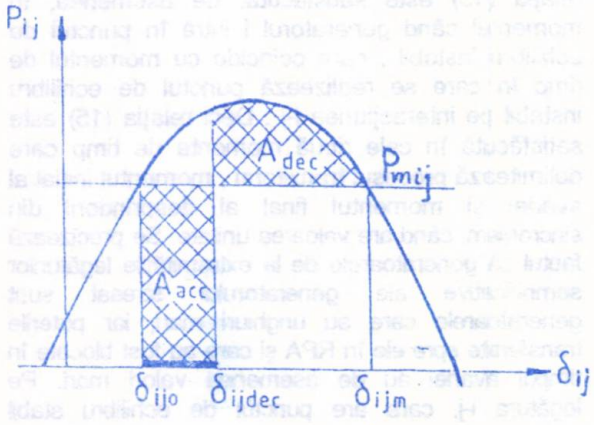


Fig.1.*a*. Legea ariilor. $P^A_{ij} = 0$

În cazul în care puterea transferată la avarie între generatoarele q-s este diferită de zero (fig.1 *b*), iar legea ariilor dă:

$$P^N_{qsmec}(\delta_{qsdec} - \delta_{qs0}) - \int E_q E_s (G^A_{qs}\cos\delta_{qs} + B^A_{qs}\sin\delta_{qs})\, d\,\delta_{qs} = \int E_q E_s (G^N_{qs}\cos\delta_{qs} + B^n_{qs}\sin\delta_{qs})\, d\,\delta_{qs} - P^n_{qsmec}(\delta_{qsm} - \delta_{qsdec}). \qquad (21)$$

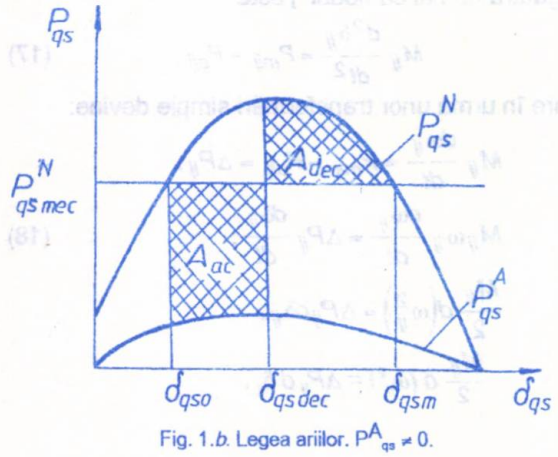


Fig. 1.*b*. Legea ariilor. $P^A_{qs} \neq 0$.

După ce s-a aplicat legea ariilor pentru toate interacţiunile semnificative în număr de N_s, se calculează unghiul mediu de deconectare cu relaţia:

$$\delta_{idecmed} = \frac{1}{Ns}\sum_{j=1}^{Ns}\delta_{ijdec} . \qquad (22)$$

Se aplică o metodă de pas cu pas, pentru integrarea sistemului de ecuaţii diferenţiale ce descriu procesul tranzitoriu. Când unghiul δ_i al celui mai stresat generator atinge valoarea dată de relaţia (22), se deconectează scurtcircuitul, iar timpul corespunzător reprezintă timpul critic mediu, $t_{cr\ med}$. Se determină, de asemenea, timpul critic corespunzător fiecărui unghi δ_{ijdec} sau δ_{qsdec} .

2. Aplicaţii

Metoda propusă s-a aplicat pe reţeaua cu nouă noduri [8], denumită reţeaua ANDERSON, şi pe o zonă a SEN, de 30 noduri, numită reţeaua RESS-87 [9], (fig.2), respectiv (fig.4), unde sunt prezentate şi rezultatele RPN luate în consideraţie. Rezultatele pentru reţeaua ANDERSON sunt prezentate în figura 3, iar rezultatele calculelor pentru reţeaua RESS-87 sunt prezentate în tabelul 1 şi figurile 5,6 şi 7.

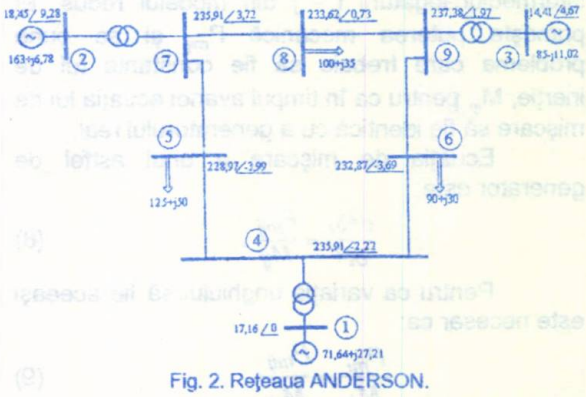


Fig. 2. Reţeaua ANDERSON.

În reţeaua ANDERSON constanta de inerţie a generatorului 1 este de aproape patru ori mai mare decât constantele de inerţie ale generatoarelor 2 şi 3. Atât la scurtcircuit în nodul 4 (fig. 3 *a*), cât şi la scurtcircuit în nodul 7 (fig .3 *b*) generatorul cel mai stresat este generatorul 2 . În ambele cazuri legătura semnificativă este 2-1, deoarece puterea transferată pe legătura 2-1 în RPA este mult mai mare decât puterea transferată pe legătura 2-3. Diferenţa între timpul critic de deconectare a avariei obţinut prin încercări (t_{cr}) şi cel corespunzător unghiului limită de deconectare obţinut prin legea ariilor aplicată pe legătura 2-1 este de -5 ms , respectiv 0 ms . La scurtcircuit în nodul 9 (fig. 3 *c*) generatorul cel mai stresat este generatorul 3 , legătura semnificativă este 3-1, iar diferenţa între cei doi timpi este de - 4 ms.

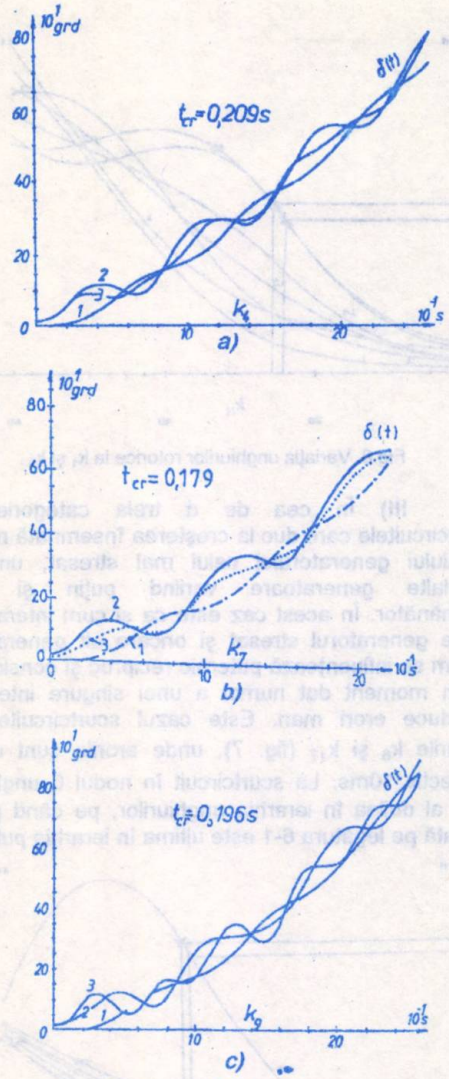


Fig.3.

Pentru reţeaua RESS-87 (fig. 4) s-au făcut analize similare pentru scurtcicuit la barele de înaltă tensiune ale unui număr de 11 generatoare. Rezultatele calculelor s-au centralizat în tabelul 1. În coloana 5 t_{crpp} reprezintă timpul critic de deconectare a avariei obţinut prin încercări printr-o metodă numerică de pas cu pas. În coloana 6, t_{crmed} reprezintă timpul critic corespunzător unghiului mediu de deconectare de pe legăturile semnificative, iar în coloana 8 $t^{t}_{cr\,med}$, corespunde unghiului mediu de deconectare a avariei, presupunând că toate interacţiunile generatorului stresat sunt interacţiuni semnificative. Analizând alura curbelor obţinute pe reţeaua RESS-87 pentru timpul critic obţinut prin încercări, se evidenţiază următoarele trei categorii de scurtcircuite :

I) Scurtcircuite în care generatoarele se pot împărţi în două grupe: una care cuprinde un număr de două până la cinci generatoare cu unghiuri mari şi una care cuprinde restul generatoarelor cu unghiuri mici. Comparând ierarhia unghiurilor cu ierarhia puterilor blocate la avarie se constată poziţii apropiate între acestea. În aceasta categorie de scurtcircuite intră scurtcircuitele în k_{15} , k_{19} , k_2 , k_8 , k_9 , k_{30}. La scurtcircuit în k_{15} (fig. 5) unghiul δ_{17} ocupă poziţia a doua în ierarhia unghiurilor. Puterea blocată la avarie pe legătura 15-17 ocupă, de asemenea, poziţia 2. Legătura 15 - 17 este o legătură semnificativă, iar legea ariilor aplicată pe ea dă un unghi de deconectare, căruia îi corespunde un timp de deconectare foarte apropiat de cel obţinut prin încercări. O situaţie similară o prezintă legătura 19 - 22 pentru scurtcircuit în nodul 19 (fig. 5) etc. Pentru această categorie de scurtcircuite coloanele 8 şi 9 arată că faţă de generatoarele spre care puterile transferate sunt foarte mici , sincronismul generatorului stresat s-a pierdut cu zeci de milisecunde înaintea desprinderii din sincronism cu sistemul. Ultimele generatoare care mai menţin în sincronism generatorul stresat sunt generatoarele de pe legăturile semnificative.

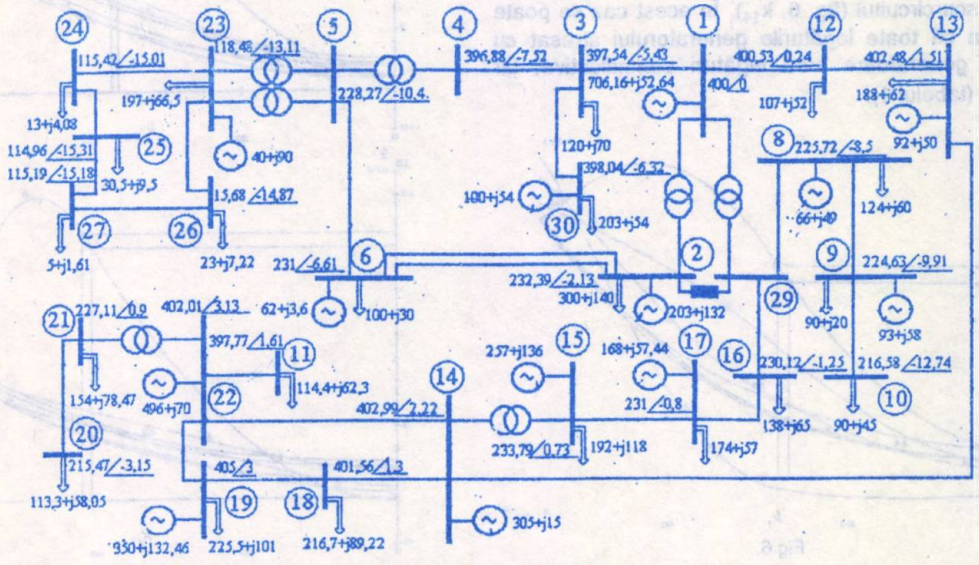


Fig.4. Reţeaua RESS-87.

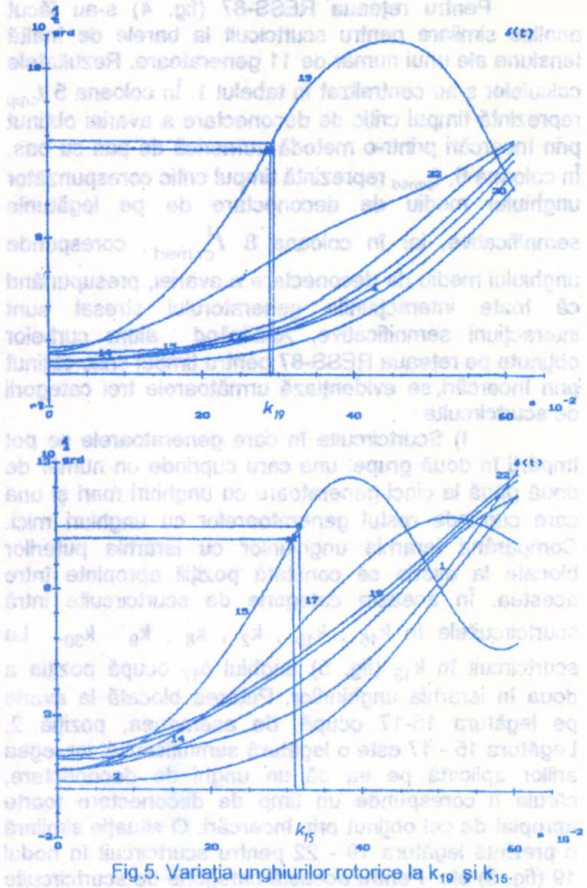


Fig.5. Variaţia unghiurilor rotorice la k_{19} şi k_{15}.

II) Dacă scurtcircuitul are loc la barele unei centrale puternice (k_1) sau pe o bară care face legătura între două zone cu puteri importante (k_{14} , k_{13}), perturbaţia se transmite cu intensitate asemănătoare în foarte multe direcţii, desprinderea din sincronism se poate produce prin desprinderea simultană a mai multor grupuri, uneori altele decât grupul la barele căruia a avut loc scurcircuitul (fig. 6, k_{14}). În acest caz se poate considera că toate legăturile generatorului stresat cu celelalte generatoare sunt legături semnificative, iar $\varepsilon_2 < \varepsilon_1$ (tabelul 1).

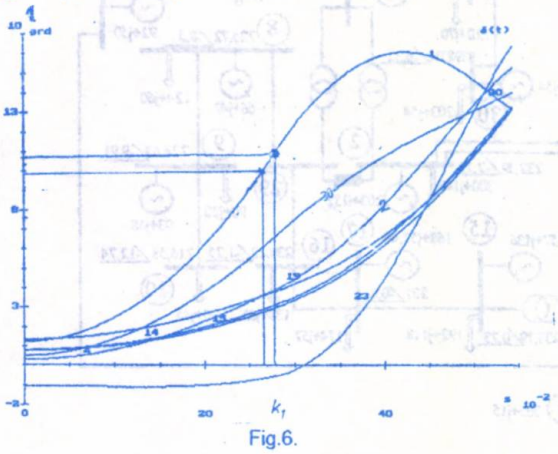


Fig.6.

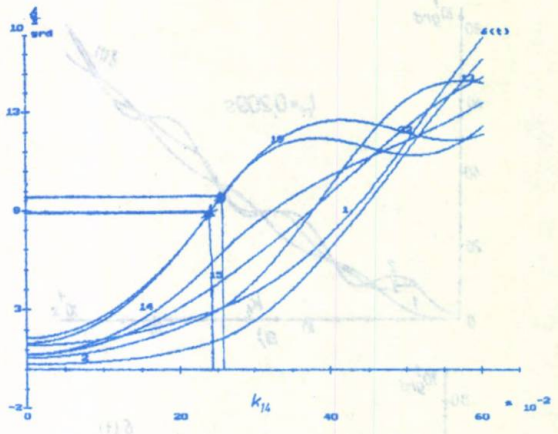


Fig.6. Variaţia unghiurilor rotorice la k_1 şi k_6.

III) În cea de a treia categorie intră scurtcircuitele care duc la creşterea însemnată numai a unghiului generatorului celui mai stresat, unghiurile celorlalte generatoare variind puţin şi foarte asemănător. În acest caz este ca şi cum interacţiunile dintre generatorul stresat şi oricare alt generator din sistem se influenţează puternic reciproc şi considerarea la un moment dat numai a unei singure interacţiuni introduce erori mari. Este cazul scurtcircuitelor din nodurile k_6 şi k_{17} (fig. 7), unde erorile sunt de -20, respectiv 10ms. La scurtcircuit în nodul 6 unghiul δ_1 este al doilea în ierarhia unghiurilor, pe când puterea blocată pe legătura 6-1 este ultima în ierarhia puterilor.

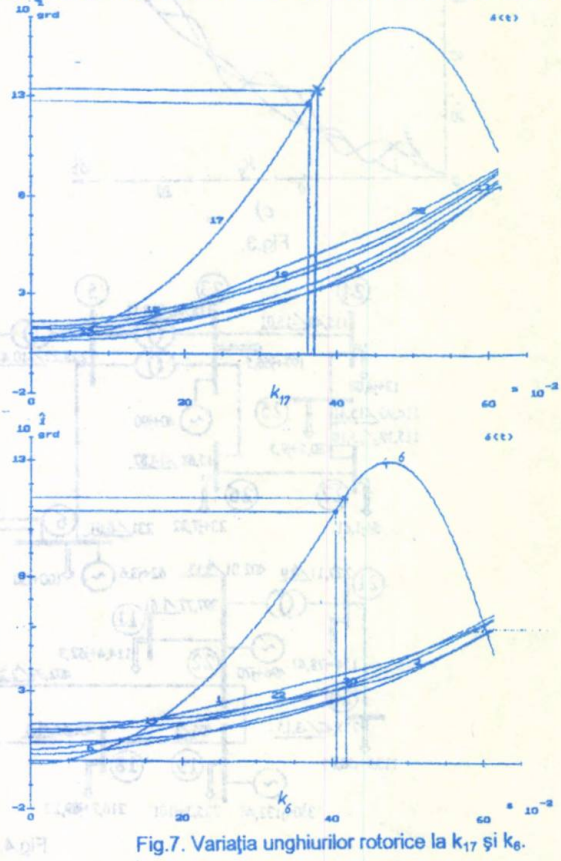


Fig.7. Variaţia unghiurilor rotorice la k_{17} şi k_6.

Tabelul 1

Clasificarea scurtcircuitelor după modul de variatie a unghiurilor δ	Nodul de scurtcircuit k_i de la barele generatorului i	Generatorul Gi cel mai stresat	Legăturile semnificative ale generatorului stresat pe care se aplică legea ariilor	t_{crpp} [ms]	t^{p}_{crmed} [ms]	$\varepsilon_1 = t_{crpp} - t^{p}_{crmed}$ [ms]	t^{t}_{crmed} [ms]	$\varepsilon_2 = t_{crpp} - t^{t}_{crmed}$ [ms]
I Numai un grup de generatoare are variaţii mari ale unghiurilor δ	k_7	G1	1-2,1-30,1-23,1-9,1-17	300	300	0	250	+50
	k_8	G9	9-8,9-22,9-1,9-19	370	378	-8	275	+95
	k_9	G9	9-8,9-1,9-19,9-22,9-30	320	330	-10	300	+20
	k_{15}	G15	15-17	310	320	-10	240	+70
	k_{19}	G19	19-22	290	293	-3	230	+60
	k_{30}	G30	30-1,30-22,30-19,30-15	300	310	-10	255	+45
II Majoritatea generatoarelor prezintă variaţii mari ale unghiurilor δ	k_1	G1	1-30,1-2,1-14	280	265	+15	300	-20
	k_{13}	G9	19-17,19-25,19-14,19-13	270	298	-28	290	-20
		G22	22-1,22-12,22-14,22-17	270	300	-30	290	-20
	k_{14}	G19	19-1,19-2,19-9,19-6	240	270	-30	260	-20
		G22	22-1,22-2,22-13,22-14	240	260	-20	260	-20
III Variază mult numai unghiul generatorului celui mai stresat	k_6	G6	6-1,6-22,6-15,6-30,6-19	410	430	-20	430	-20
	k_{17}	G17	17-1,17-22,17-19,17-15	370	360	+10	350	+20

Concluzii

Metoda propusă constituie o cale de determinare a timpului critic de deconectare a avariei şi oferă informaţii asupra generatoarelor responsabile de pierderea stabilităţii tranzitorii a sistemului. În cadrul elementelor pe care le modelează ea constituie un mijloc de găsire a celor mai eficiente măsuri de intervenţie în sensul măririi stabilităţii tranzitorii a sistemului.

BIBLIOGRAFIE

[1] Kundur, P. *Power System Stability and Control.* McGraw-Hill , Inc.,1994

[2] Belhomme, R., Zhao, H., Pavella, M. *Power System Reduction Techniques for Direct Transient Stability Methods.* In: IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 8,No. 2, May 1993.

[3] Potolea, E. *Criterii de stabilitate dinamică.* In: Energetica, nr. 4 B, 1995

[4] Ionescu, S., Tetelbaum, V. *Procedee de calcul în programul ARTEMIS, pentru analiza regimurilor tranzitorii pe termen mediu.* In: Energetica, nr. 7, iulie 1985.

[5] Pătrăşcoiu, S. *Soluţii perfecţionate pentru automatică şi protecţiile destinate prevenirii şi limitării efectelor avariilor extinse din sistemele electroenergetice.* Teză de doctorat, Bucureşti, 1994.

[6] REDIN - Ghid de utilizare, ISPE,1992

[7] Tavora, C., Smith, J. M. *Stability Analysis of Power Systems.* University of California, Berkeley, 1970

[8] Anderson, P.M., Fouad, A. A. *Power System Control and Stability, The Yowa State University Press,* Iowa, U.S.A.,1977

[9] Programul RES - *Ghid de utilizare,* ISPE, 1992. Programele REGTRANZ şi TRANZ - *Ghid de utilizare,* ISPE, 1992

[10] Programul TIRESI - *Ghid de utilizare,* ICEMENERG, 1995.

[11] Ghinea, M., Fireţeanu, V. *MATLAB, Calcul numeric, grafică, aplicaţii.* Editura Teora, Bucureşti, 1995.

[12] Prasetijo, D., Sutanto, D., A *New Transient Stability Control for Multi-Machine Systems,12-th Power Systems Computations Conference,* Dreaden, August 19-23, 1996

[13] Xue, Y., Pavella, M. *Critical - Cluster Identification in Transient Stability Studies.* In:I.E.E. Proceedings - C,Vol. 140,No. 6, November,1993

Referent: dr. ing. Sebastian Ionescu - ISPE, Bucureşti

(Primit la 5 noiembrie 1996, acceptat la 20 ianuarie 1997)

MODELAREA SISTEMELOR DE COMPENSARE STATICĂ A PUTERII REACTIVE ÎN PROGRAMELE DE CALCUL AL STABILITĂŢII LA MICI PERTURBAŢII ŞI AL STABILITĂŢII TRANZITORII

dr. ing. SEBASTIAN IONESCU, ing. ŞTEFANIA VELICU, ing. MARIA BOTGROS, mat. VERONICA TETELBAUM, ing. OCTAVIAN GHEORGHE, ing. BOGDAN MINTEANSCHI *

In lucrare se prezintă modelele matematice elaborate pentru simularea comportării sistemelor de compensare statică a puterii reactive în reţelele electrice şi procedeele utilizate pentru introducerea acestor modele în programele ISPE de calcul al stabilităţii la mici perturbaţii şi stabilităţii tranzitorii.

De asemenea, se prezintă unele rezultate semnificative privind contribuţia acestor tehnici moderne la îmbunătăţirea condiţiilor de stabilitate.

The paper presents the mathematical models developed to simulate the behaviowr of the reactive power static compensation systems in the electric networks and the methods used to introduce these models in the computation programs of the ISPE institute for the stability to small disturbances and transient stability.

At the same time significant results regarding the contribution of these modern techniques to the improvement of stability conditions are presented.

Descriptori: compensatoare statice de putere reactivă (Static Var Compensator - SVC, sistem de compensare statică - SVS

1. Sisteme statice de control al tensiunii şi puterii reactive

Compensatoarele statice de putere reactivă (Static Var Compensator - SVC) sunt şunturi statice generatoare (capacitive) sau consumatoare (inductive) de putere reactivă, a căror mărime de ieşire este modificată pentru a controla anumiţi parametri specifici din reţea. Un SVC constă dintr-o instalaţie statică generatoare şi/sau consumatoare de putere reactivă şi un echipament adecvat de reglare automată.

Un sistem de compensare statică (Static Var System-SVS) reprezintă o combinaţie de diverse tipuri de SVC cu o instalaţie fixă de compensare (de exemplu capacităţi sau bobine comutate manual).

Din punctul de vedere al regimurilor de funcţionare, un SVS este echivalent unei capacităţi sau bobine conectate într-un nod al reţelei, ambele de reactanţe variabile în cazul general, care se reglează pentru a controla tensiunea şi puterea reactivă la borne.

Se consideră în continuare un SVS compus dintr-o capacitate fixă şi o bobină reglabilă; caracteristica rezultantă se obţine prin suprapunerea caracteristicilor tensiune-curent ale componentelor (fig. 1).

Efectul introducerii SVS într-un nod al reţelei electrice rezultă prin considerarea caracteristicii sistemului energetic văzut din nodul cu SVS şi a caracteristicii proprii a SVS (din fig. 1-*c*) ; caracteristici ale SVS cu pantă K_s mică determină tensiuni practic constante în nodul controlat.

De la primele aplicaţii apărute în anii '70, utilizarea SVS în sistemele de transport al energiei electrice a devenit în prezent o practică curentă în ţările avansate. Datorită posibilităţilor de a efectua un control continuu şi rapid al tensiunii şi puterii reactive, instalarea de SVS conduce la creşterea performanţelor sistemelor energetice prin:

- controlul variaţiilor de tensiune;
- prevenirea colapsului de tensiune;
- reducerea pierderilor pe ansamblul reţelei;

* Institutul de Studii şi Proiectări Energetice - ISPE, Bucureşti

- îmbunătăţirea stabilităţii tranzitorii;
- amortizarea oscilaţiilor în sistem;
- creşterea capacităţii de transport a reţelei din condiţii de stabilitate la mici perturbaţii.

interiorul domeniului de capabilitate (puterea reactivă produsă este $>Q_{min}$ şi $<Q_{max}$); funcţionarea pe frontiera domeniului ($Q=Q_{min}$ sau $Q=Q_{max}$) duce la utilizarea reactanţei sincrone.

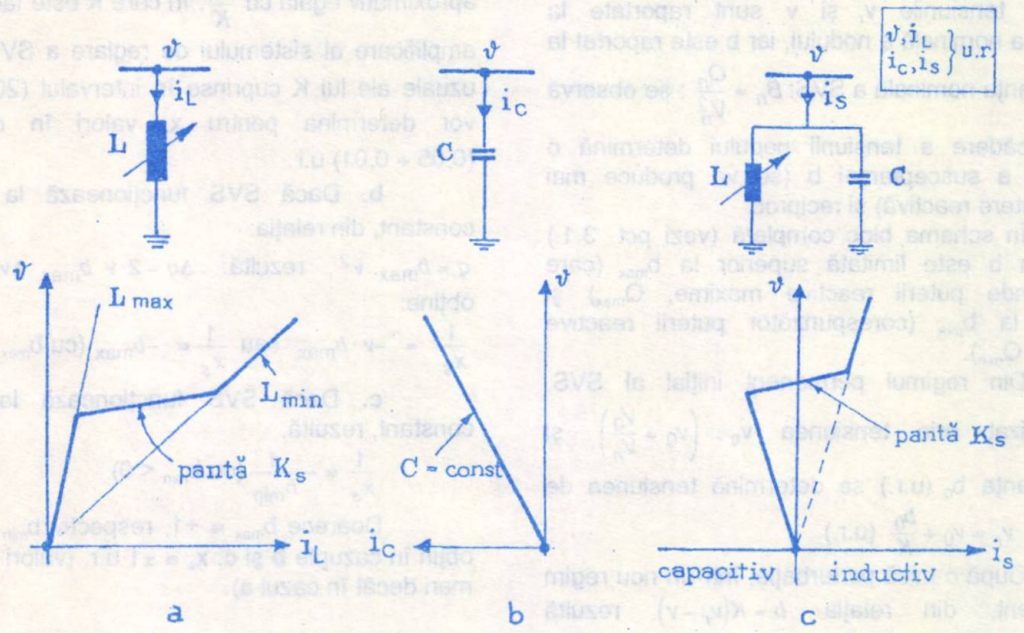


Fig.1. Caracteristici tensiune - curent ale unui SVS.

În continuare se prezintă modelele matematice şi completările efectuate în programele ISPE pentru simularea comportării SVS în analiza stabilităţii la mici perturbaţii şi a stabilităţii tranzitorii în sisteme energetice de mari dimensiuni.

2. Introducerea în programul de calcul al stabilităţii la mici perturbaţii a sistemelor de compensare statică a puterii reactive - programul NIST

NIST este un program de analiză statică a stabilităţii la mici perturbaţii executabil pe calculatoare personale compatibile IBM, sub interfaţa grafică WINDOWS şi implementat în limbajul C++. Programul permite determinarea capacităţilor maxime de transfer în reţele de mari dimensiuni (până la 4000 noduri) pe baza calculelor de regimuri permanente succesiv înrăutăţite (utilizând metoda completă Newton-Raphson) şi de verificare a criteriului de stabilitate aperiodică la mici perturbaţii. In programul **NIST** este implementat următorul model de simulare a comportării generatoarelor sincrone, care ţine seama de funcţionarea discontinuă a regulatoarelor automate de tensiune: pentru fiecare generator se consideră reactanţa tranzitorie dacă maşina sincronă respectivă funcţionează în

2.1. Modelarea sistemelor de compensare statică a puterii reactive în regim de mici perturbaţii

Sistemele de compensare statică a puterii reactive pot funcţiona în unul din următoarele domenii:

a - domeniul normal, în care sistemul de reglare al SVS controlează tensiunea unui nod din reţea;

b - SVS funcţionează la limita superioară, în care injectează puterea reactivă maximă în reţea;

c - SVS funcţionează la limita inferioară, în care absoarbe puterea reactivă minimă din reţea.

a. Schema bloc în regim permanent pentru domeniul normal este dată în figura 2.

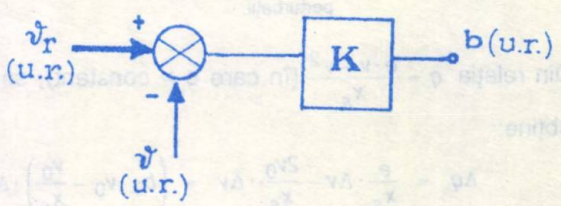


Fig. 2. Schema bloc corespunzătoare funcţionării SVS în regim permanent.

Tensiunea de referinţă v_r (u.r.) a SVS este comparată cu tensiunea nodului controlat de SVS v (u.r.); abaterea (v_r-v) este amplificată cu factorul K, obţinându-se mărimea de ieşire: susceptanţa b (u.r.) a SVS, conectată între nodul controlat şi pământ; tensiunile v_r şi v sunt raportate la tensiunea nominală a nodului, iar b este raportat la susceptanţa nominală a SVS: $B_n = \frac{Q_n}{V_n^2}$; se observă că o scădere a tensiunii nodului determină o creştere a susceptanţei b (se va produce mai multă putere reactivă) şi reciproc.

În schema bloc completă (vezi pct. 3.1.) mărimea b este limitată superior la b_{max} (care corespunde puterii reactive maxime, Q_{max}) şi inferior la b_{min} (corespunzător puterii reactive minime, Q_{min}).

Din regimul permanent iniţial al SVS, caracterizat prin tensiunea v_0 $\left(v_0 = \frac{V_0}{V_n}\right)$ şi susceptanţa b_0 (u.r.) se determină tensiunea de referinţă $v_r = v_0 + \frac{b_0}{K}$ (u.r.).

După o mică perturbaţie, într-un nou regim permanent, din relaţia $b = K(v_r - v)$ rezultă $\Delta b = -K \cdot \Delta v$; puterea reactivă q (u.r.) injectată în nod are expresia: $q = b \cdot v^2$, din care se obţine în regim de mici variaţii:

$$\Delta q = v_0^2 \cdot \Delta b + 2 \cdot v_0 \cdot b_0 \cdot \Delta v = v_0(2b_0 - K \cdot v_0) \cdot \Delta v .$$

Se determină valoarea unei reactanţe echivalente x_s (u.r.), care conduce (fig. 3) la aceeaşi variaţie a puterii reactive Δq în regimul stabilizat după o mică perturbaţie.

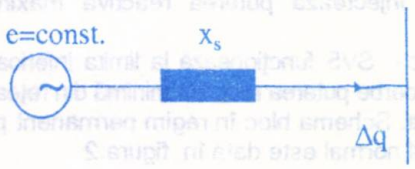


Fig. 3. Schema echivalentă a unui SVS în regim de mici perturbaţii.

Din relaţia $q = \frac{e \cdot v - v^2}{x_s}$ (în care e = constant), se obţine:

$$\Delta q = \frac{e}{x_s} \cdot \Delta v - \frac{2v_0}{x_s} \cdot \Delta v = \left(b_0 \cdot v_0 - \frac{v_0}{x_s}\right) \cdot \Delta v$$

în care s-a ţinut seama că $q_0 = b_0 \cdot v_0^2$ (u.r.).

Egalând variaţiile Δq rezultă relaţia:

$$\frac{1}{x_s} = K \cdot v_0 - b_0 ,$$

în care $b_0 << K \cdot v_0$, iar $v_0 \cong 1$ (u.r.); se ajunge la concluzia că reactanţa echivalentă x_s (în u.r.) este aproximativ egală cu $\frac{1}{K}$, în care K este factorul de amplificare al sistemului de reglare a SVS; valori uzuale ale lui K cuprinse în intervalul (20 ÷ 100) vor determina pentru x_s valori în domeniul (0,05 ÷ 0,01) u.r.

b. Dacă SVS funcţionează la b_{max} = constant, din relaţia:

$q = b_{max} \cdot v^2$, rezultă: $\Delta q = 2 \cdot v \cdot b_{max} \cdot \Delta v$ şi se obţine:

$$\frac{1}{x_s} = -v \cdot b_{max} \text{ sau } \frac{1}{x_s} \cong -b_{max} \text{ (cu } b_{max} > 0)$$

c. Dacă SVS funcţionează la b_{min} = constant, rezultă:

$$\frac{1}{x_s} \cong -\frac{1}{b_{min}} \text{ (cu } b_{min} < 0)$$

Deci fie că $b_{max} \cong +1$, respectiv $b_{min} \cong -1$, se obţin în cazurile **b** şi **c**: $x_s \cong \pm 1$ u.r. (valori mult mai mari decât în cazul **a**).

2.2. Introducerea modelului SVS în programul NIST

Utilizarea modelului SVS (prezentat anterior) în programul **NIST** de calcul al stabilităţii la mici perturbaţii se face în cadrul procedeului de simulare a comportării generatoarelor sincrone:

- pentru determinarea regimurilor permanente, fiecare nod în care se conectează un SVS este declarat de tip *P,V*, cu *P=0*, $V=V_0$ tensiunea controlată de SVS şi limitele de puteri reactive: minimă absorbită (Q_{min}) şi respectiv maximă produsă(Q_{max});
- în fiecare nod cu SVS se consideră un compensator de putere reactivă (similar unui generator sincron) pentru care se simulează reglajul automat al tensiunii în funcţiune (A) şi se introduc reactanţele:

• $X_s = \frac{1}{K} \cdot \frac{V_n^2}{Q_n}$ (Ω)

în care K este coeficientul de amplificare al SVS, iar $\frac{V_n^2}{Q_n}$ - reactanţa de bază (Ω);

• $X_{sM} = -\frac{1}{b_{max}} \cdot \frac{V_n^2}{Q_n} = -\frac{V_n^2}{Q_{max}}$

în care b_{max} (u.r.) este susceptanţa pentru regimul de funcţionare în care SVS produce puterea reactivă maximă Q_{max};

$$X_{am} = -\frac{1}{b_{min}} \cdot \frac{V_n^2}{Q_n} = -\frac{V_n^2}{Q_{min}}$$

în care b_{min} (u.r.) este susceptanţa pentru regimul de funcţionare în care SVS produce puterea reactivă minimă Q_{min}.

Reactanţele X'_s şi X_{sM} sau X_{sm} înlocuiesc reactanţa tranzitorie, respectiv reactanţa sincronă folosită în programul **NIST** pentru modelarea generatoarelor în regim de mici perturbaţii. In program este prevăzută procedura de alegere automată a reactanţei X'_s, dacă în regim permanent puterea reactivă a SVS se încadrează strict între Q_{min} şi Q_{max}, respectiv a reactanţei X_{sM}, dacă SVS produce în regim permanent puterea reactivă Q_{max} sau a reactanţei X_{sm}, dacă SVS absoarbe puterea reactivă Q_{min}.

Kutta de ordinul 4; sistemul de ecuaţii nodale se soluţionează pas cu pas folosind tehnica eliminărilor ordonate.

Programului REGTRANZ i se furnizează fişiere specializate de date create de programul de interfaţă REDIN; acest program foloseşte rezultatele calculelor de regim permanent (organizate în fişiere de date de către programul NIL sau NIST), precum şi informaţiile introduse prin dialog cu utilizatorul, specifice generatoarelor sincrone şi motoarelor asincrone.

Rezultatele calculelor de regimuri tranzitorii obţinute de programul REGTRANZ sunt utilizate în programul TRASG pentru reprezentarea grafică în funcţie de timp a mărimilor în regimuri tranzitorii.

3.1. Modelarea sistemelor de compensare statică a puterii reactive în regim tranzitoriu

Pentru simularea funcţionării SVS în regimuri tranzitorii s-au modelat două tipuri de scheme bloc (fig. 4).

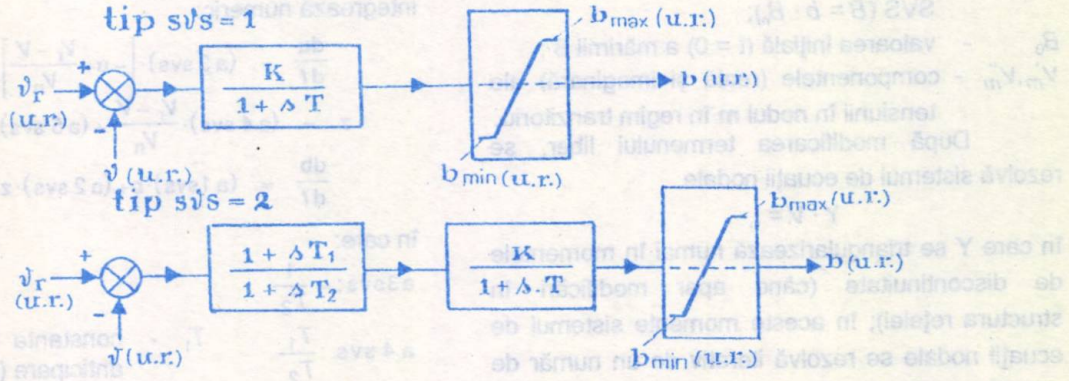


Fig.4. Scheme bloc pentru tip SVD 1 şi 2.

3. Introducerea în programul de calcul al stabilităţii tranzitorii a sistemelor de compensare statică a puterii reactive - programul REGTRANZ

REGTRANZ reprezintă un program de simulare a funcţionării sistemelor energetice multimaşini în regimuri tranzitorii pe termen scurt (până la 10 s). In cadrul programului se utilizează modele matematice perfecţionate pentru simularea fenomenelor electromecanice şi electromagnetice din generatoarele sincrone, ţinând seama de influenţa sistemelor de reglare automată a tensiunii şi vitezei, precum şi din motoarele asincrone. Sistemele de ecuaţii diferenţiale corespunzătoare se integrează numeric folosind metoda Runge-

În programul REGTRANZ s-a completat modulul de rezolvare a sistemului de ecuaţii nodale luând în considerare susceptanţele variabile introduse de echipamentele SVS în nodurile în care acestea sunt conectate. Se precizează că mărimea de ieşire din schemele bloc ale SVS este susceptanţa b (u.r.), variabilă în timp, care este conectată între nodul controlat de SVS şi pământ. În general, o admitanţă Y_{mo} conectată în nodul m intervine în formarea termenului diagonal Y_{mm} din matricea de admitanţe nodale.

Schimbarea termenilor diagonali reprezintă o soluţie dezavantajoasă atunci când Y_{mo} se modifică la fiecare pas de calcul, deoarece pentru

obţinerea soluţiei este necesară o nouă retriangularizare a matricei de admitanţe nodale. In consecinţă, s-a adoptat un procedeu care constă în corectarea termenului liber, adică a curenţilor injectaţi în nodurile **m** în care sunt conectate SVS. Procedeul constă în următoarele:

• în regimul permanent iniţial se determină susceptanţele $B_0 = b_0 \cdot B_n$ (S) din puterile reactive Q_0 injectate de SVS şi tensiunile V_0 din nodurile **m**; aceste susceptanţe se introduc în termenii diagonali ai matricei de admitanţe nodale, care se triangularizează pentru momentul 0^-;

• variaţiile ulterioare ale susceptanţelor B determină modificarea numai a termenilor liberi din sistemul de ecuaţii nodale, care se calculează conform relaţiei:

$$I_m = I_m + j \cdot (B_0 - B) \cdot \left(V'_m + jV''_m\right).$$

în care:

I_m este injecţia de curent în nodul **m**;

B - susceptanţa nod-pământ (variabilă la fiecare pas de calcul), care reprezintă mărimea de ieşire din schema bloc a SVS ($B = b \cdot B_n$);

B_0 - valoarea iniţială (t = 0) a mărimii B ;

V'_m, V''_m - componentele (reală şi imaginară) ale tensiunii în nodul **m** în regim tranzitoriu.

După modificarea termenului liber, se rezolvă sistemul de ecuaţii nodale:

$$Y \cdot V = I,$$

în care Y se triangularizează numai în momentele de discontinuitate (când apar modificări în structura reţelei); în aceste momente sistemul de ecuaţii nodale se rezolvă iterativ de un număr de ori (de exemplu de 3 ori) pentru a obţine corespondenţa necesară între tensiunile calculate şi cele introduse în termenul liber.

În ceea ce priveşte integrarea numerică a ecuaţiilor diferenţiale care modelează comportarea SVS în regimuri tranzitorii, s-a folosit următorul procedeu de calcul:

• Pentru tip svs=1: se integrează o singură ecuaţie diferenţială pentru fiecare SVS de acest tip:

$$\frac{db}{dt} = (a1svs) \cdot b + (a2svs) \cdot \frac{V_r - V}{V_n},$$

în care:

$V = \sqrt{(V')^2 + (V'')^2}$ - tensiunea nodului în care este conectat SVS;

$a1svs = -\frac{1}{T}$; T- constanta de timp a sistemului de reglare a SVS (s);

$a2svs = \frac{K}{T}$; K- coeficientul de amplificare (u.r.).

Mărimea de ieşire b este limitată superior şi inferior:

$$b_{min} \le b \le b_{max}$$

Condiţia iniţială a mărimii b este b_0; mărimea b nu are salturi în momentele de discontinuitate.

• Pentru tip svs=2, se integrează câte două ecuaţii diferenţiale şi o ecuaţie algebrică pentru fiecare SVS de acest tip, care corespund următoarelor ecuaţii operaţionale (vezi schema bloc pentru tip svs=2 din figura 4):

$$\left.\begin{aligned} (1+sT_2) \cdot u &= \frac{V_r - V}{V_n} \\ z &= \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{V_r - V}{V_n} + \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) \cdot u \\ (1+sT_1) \cdot b &= K \cdot z \end{aligned}\right\}$$

Rezultă următorul sistem care se integrează numeric:

$$\left.\begin{aligned} \frac{du}{dt} &= (a3svs) \cdot \left[-u + \frac{V_r - V}{V_n}\right] \\ z &= (a4svs) \cdot \frac{V_r - V}{V_n} + (a5svs) \cdot u \\ \frac{db}{dt} &= (a1svs) \cdot b + (a2svs) \cdot z \end{aligned}\right\}$$

în care:

$a3svs := \frac{1}{T_2}$

$a4svs := \frac{T_1}{T_2}$

T_1 - constanta de timp de anticipare (s);

T_2 - constanta de timp de întârziere (s).

$a5svs := 1 - \frac{T_1}{T_2}$

cu limitarea superioară şi inferioară a mărimii de ieşire b:

$$b_{min} \le b \le b_{max}.$$

Condiţiile iniţiale ale mărimilor de stare sunt:

$$u(0) = \frac{V_r - V_0}{V_n}; \qquad b(0) = b_0$$

3.2. Introducerea modelelor SVS în programele REDIN şi REGTRANZ

Programul REDIN creează fişierul specializat *.RES pe baza rezultatelor calculului de

regim permanent şi a datelor introduse prin dialog cu utilizatorul. Figura 5 prezintă fereastra de dialog pusă la dispoziţia utilizatorului de programul REDIN pentru stabilirea datelor caracteristice pentru fiecare SVS, care sunt utilizate ulterior în crearea fişierului *.RES.

În figura 5 mărimile P_g=0, Q_g=Q_0 şi U=V_0 sunt afişate pe baza rezultatelor unui calcul de regim permanent (efectuat cu programele NIL sau

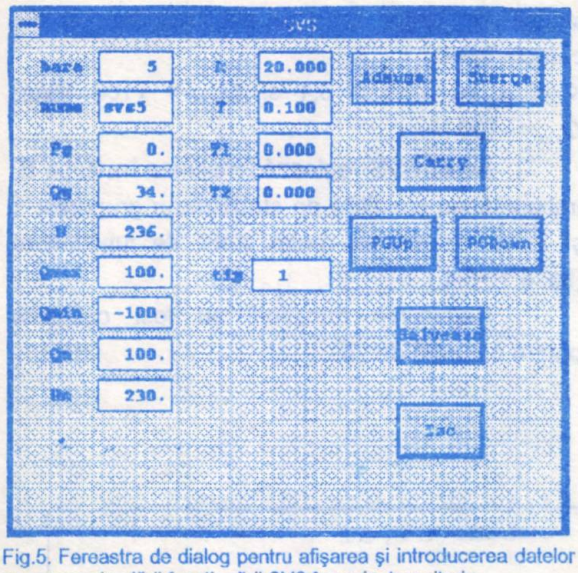


Fig.5. Fereastra de dialog pentru afişarea şi introducerea datelor necesare simulării funcţionării SVS în regim tranzitoriu.

NIST); celelalte date sunt introduse de utilizator. Pe baza acestor informaţii, programul REDIN creează fişierul *.RES care conţine următoarele date:

nsvs: numărul total de dispozitive SVS (dată generală);

Pentru fiecare SVS:

- **nod svs**: numărul nodului la care este conectat un SVS (după renumerotarea optimală a nodurilor reţelei efectuată în programul REDIN);
- **tip svs**: tipul SVS (1sau 2);
- V_r: tensiunea de referinţă a SVS - (kV); se determină în programul REDIN din datele de regim permanent: $V_r = V_0 + \frac{b_0}{K} \cdot V_n$, în care b_0 (u.r.) este susceptanţa introdusă de SVS între nod şi pământ în regim iniţial, V_0 tensiunea iniţială a nodului cu SVS;
- V_n : tensiunea nominală a nodului la care este conectat SVS (kV);
- B_n: susceptanţa de bază (nominală) a SVS: $B_n = \frac{Q_n}{V_n^2}$; Q_n (Mvar), B_n (S);
- b_0: susceptanţa SVS în regimul permanent iniţial $b_0 = \frac{Q_0}{V_0^2} \cdot \frac{1}{B_n}$ (u.r.);

Q_0 este puterea reactivă injectată de SVS (Mvar) la tensiunea iniţială V_0 (kV);

b_{max} : susceptanţa maximă a SVS:

$$b_{max} = \frac{Q_{max}}{V_n^2} \cdot \frac{1}{B_n} \text{ (u.r.)}$$

Q_{max} este puterea maximă injectată de SVS (Mvar); $Q_{max} > 0$ dacă SVS produce putere reactivă (susceptanţă capacitivă);

b_{min} : susceptanţa minimă:

$$b_{min} = \frac{Q_{min}}{V_n^2} \cdot \frac{1}{B_n} \text{ (u.r.);}$$

Q_{min} : puterea reactivă minimă a SVS (Mvar); $Q_{min} < 0$ dacă SVS absoarbe putere reactivă (susceptanţa inductivă).

În continuare fişierul*.RES conţine constantele necesare pentru integrarea ecuaţiilor diferenţiale:

- $a1svs := -\frac{1}{T}$;
- $a2svs := \frac{K}{T}$;

Pentru tip svs = 2 fişierul *.RES conţine suplimentar următoarele date:

- $a3svs := \frac{1}{T_2}$;
- $a4svs := \frac{T_1}{T_2}$;
- $a5svs := 1 - \frac{T_1}{T_2}$.

Datele din fişierul *.RES sunt utilizate în programul REGTRANZ pentru simularea regimurilor tranzitorii pe termen scurt în sisteme energetice multimaşini de mari dimensiuni, conţinând şi dispozitive SVS.

Calculele efectuate pe exemple test au arătat că, deoarece valorile constantelor de timp care intervin în schemele bloc ale SVS sunt mici, este recomandabil ca la execuţia programului REGTRANZ să se lucreze cu paşi de integrare de ordinul 5 ms.

4. Rezultate obţinute privind comportarea SVS în regimuri tranzitorii

Dintre rezultatele obţinute în calculele de stabilitate la mici perturbaţii şi de stabilitate tranzitorie pe termen scurt pe diverse reţele test, se prezintă în continuare efectul stabilizator al introducerii unui SVS în zona unei centrale hidroelectrice cu grupuri Kaplan orizontale (cu inerţie mică) asupra comportării grupurilor acestei centrale în regim tranzitoriu (fig. 6).

S-a considerat cazul în care generatoarele din CHE produc puterea nominală (27 MW/grup), iar în staţia A 110 kV cele patru grupuri debitează pe LEA 110 kV dublu circuit A - B. In regimul permanent iniţial cupla longitudinală a sistemului de bare de 110 kV este închisă.

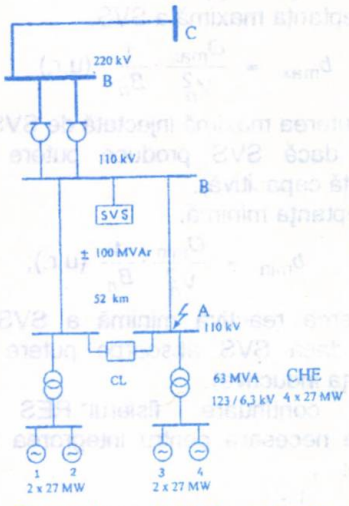


Fig.6. Schema electrică considerată.

Regimul tranzitoriu este provocat de un scurtcircuit trifazat lângă staţia A, pe un circuit al LEA 110 kV A-B, eliminat la 70 ms din A, când se declanşează netemporizat şi cupla longitudinală a sistemului, şi la 150 ms din capătul opus (B).

În aceste condiţii toate grupurile din CHE ies din sincronism (fig. 7.1.÷7.4.).

Pentru a evidenţia efectul stabilizator al SVS, s-a introdus un sistem de compensare statică în staţia B 110 kV, cu următoarele caracteristici:

K = 30 (u.r.); T = 0,1 s; Q_{max} = +100 Mvar; Q_{min} = -100 Mvar.

Acest SVS reglează tensiunea în staţia B, îmbunătăţind condiţiile de stabilitate a grupurilor 1 şi 2. A rezultat un regim stabil de funcţionare (fig. 8.1.÷8.4.).

Regimurile tranzitorii au fost calculate pentru o durată de 2s.

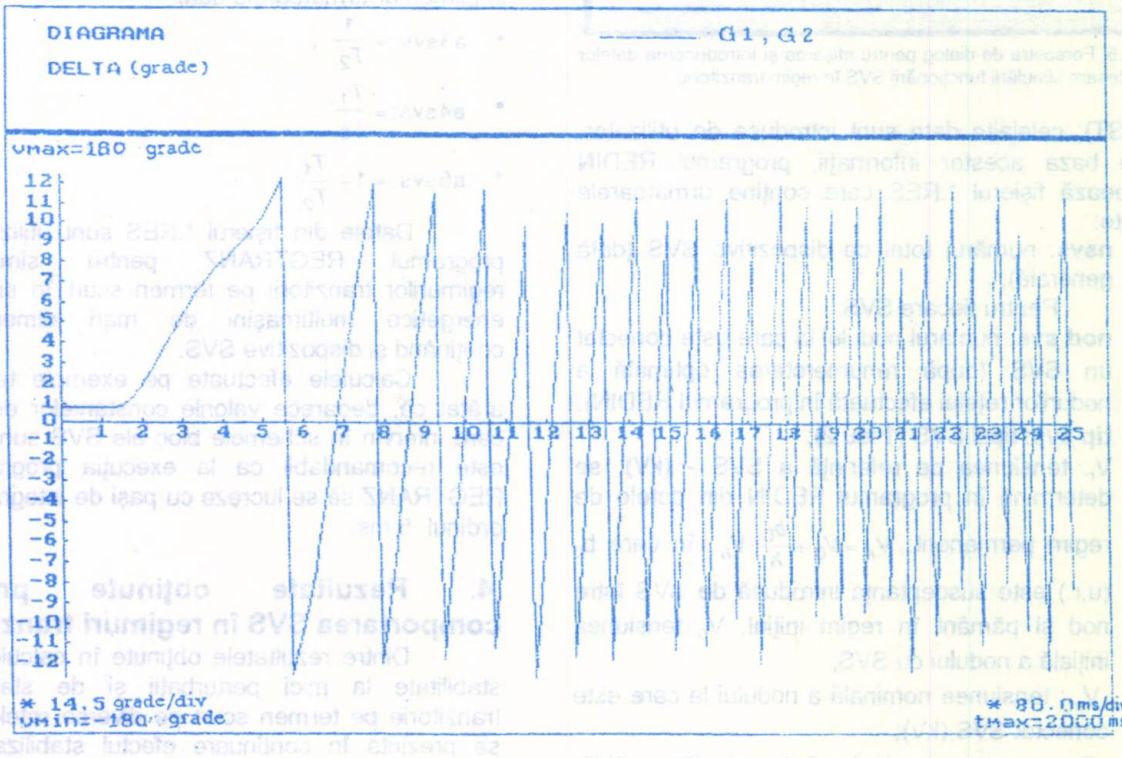


Fig. 7.1. Scurtcircuit trifazat lângă A, pe un circuit al LEA 110 kV A-B, cu declanşarea netemporizată a cuplei (t_1 = 70 ms, t_2= 150 ms). Puterea generată: 27 + j 5,5/grup. INSTABIL

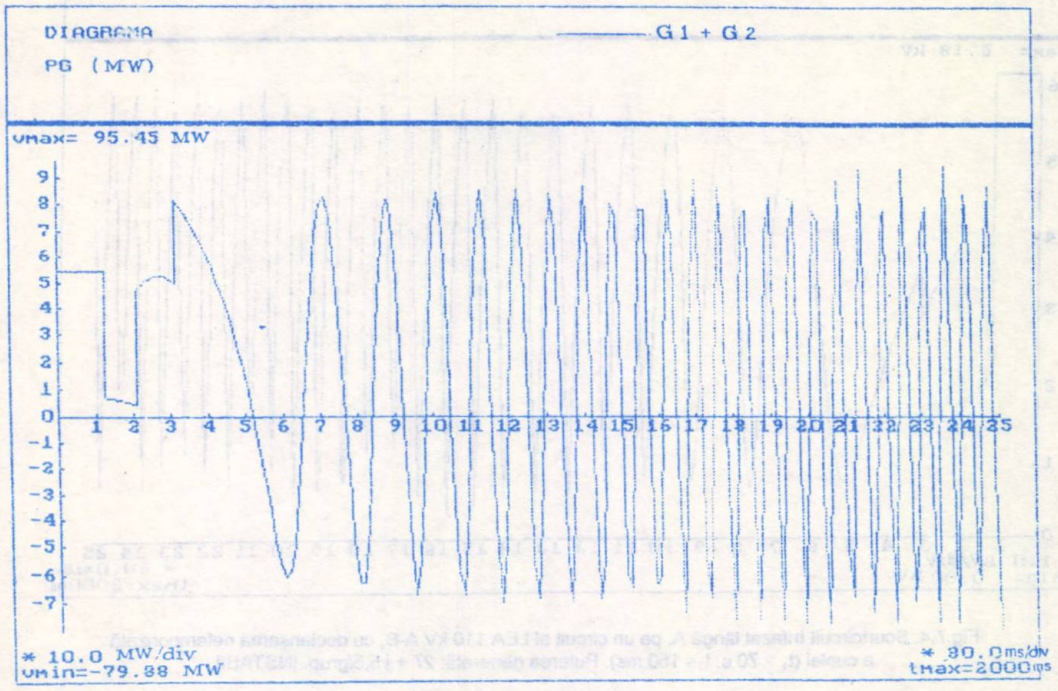
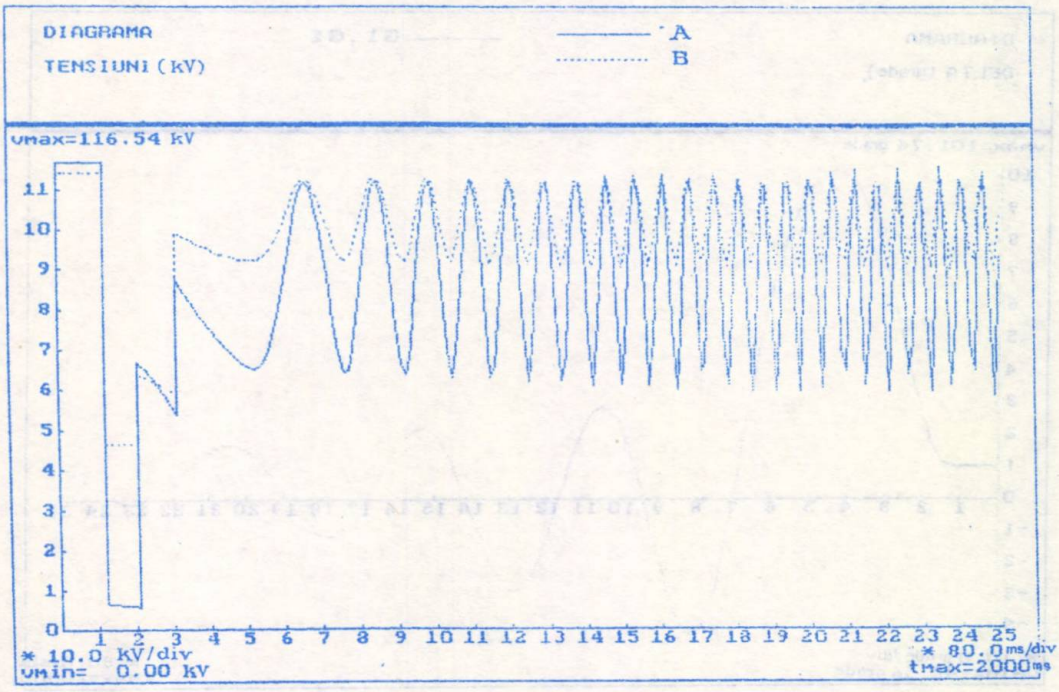


Fig. 7.2. Scurtcircuit trifazat lângă A, pe un circuit al LEA 110 kV A-B, cu declanşarea netemporizată a cuplei (t_1 = 70 ms, t_2= 150 ms). Puterea generată: 27 + j 5,5/grup. INSTABIL



Fiig. 7.3. Scurtcircuit trifazat lângă A, pe un circuit al LEA 110 kV A-B, cu declanşarea netemporizată a cuplei (t_1 = 70 ms, t_2= 150 ms). Puterea generată: 27 + j 5,5/grup. INSTABIL

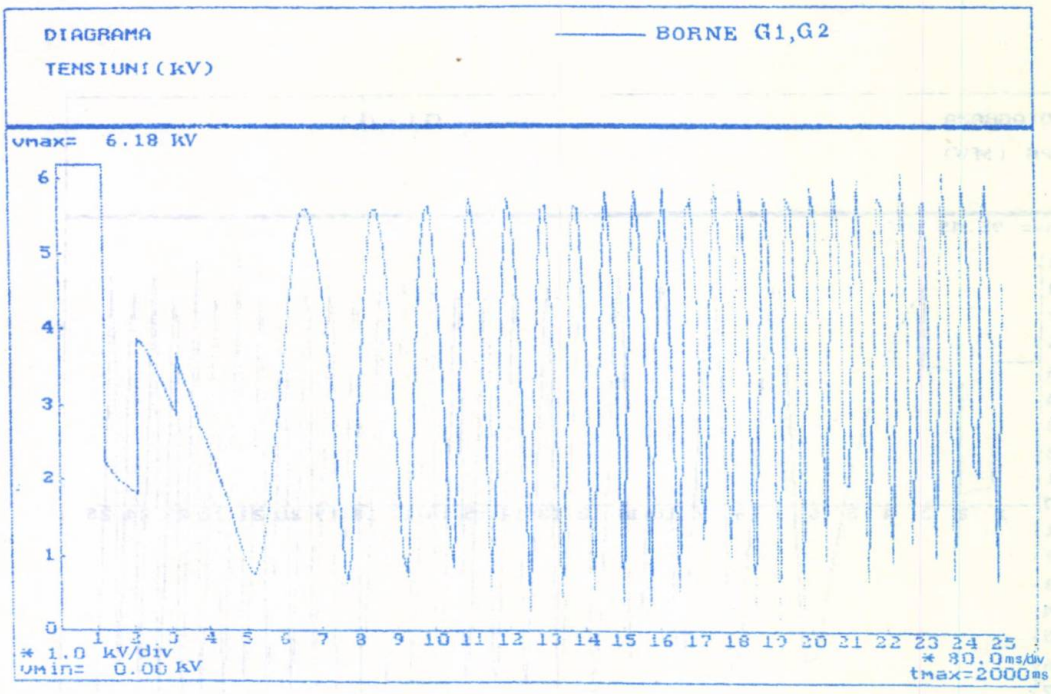


Fig.7.4. Scurtcircuit trifazat lângă A, pe un circuit al LEA 110 kV A-B, cu declanşarea netemporizată a cuplei (t_1 = 70 s, t_2= 150 ms). Puterea generată: 27 + j 5,5/grup. INSTABIL

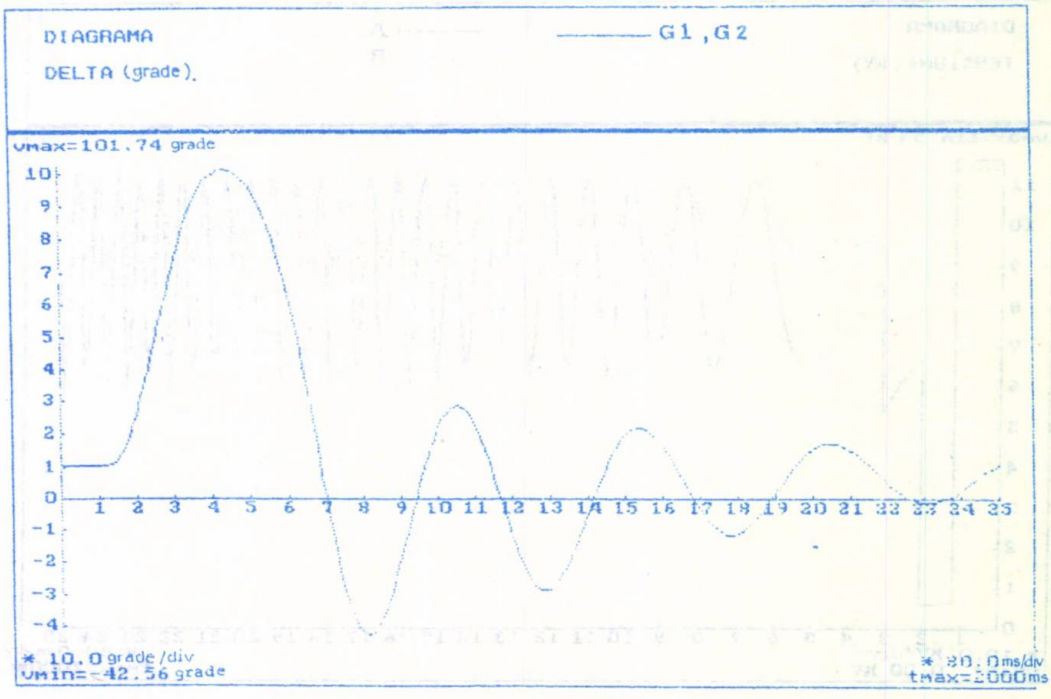


Fig. 8.1. Scurtcircuit trifazat lângă A, pe un circuit al LEA 110 kV A-B, cu declanşarea netemporizată a cuplei (t_1 = 70 ms, t_2= 150 ms). Puterea generată: 27 + j 5,5/grup cu SVC în B - 110 kV. STABIL. Parametrii SVC: K = 30; T = 0.1 s; [+100, - 100] Mvar.

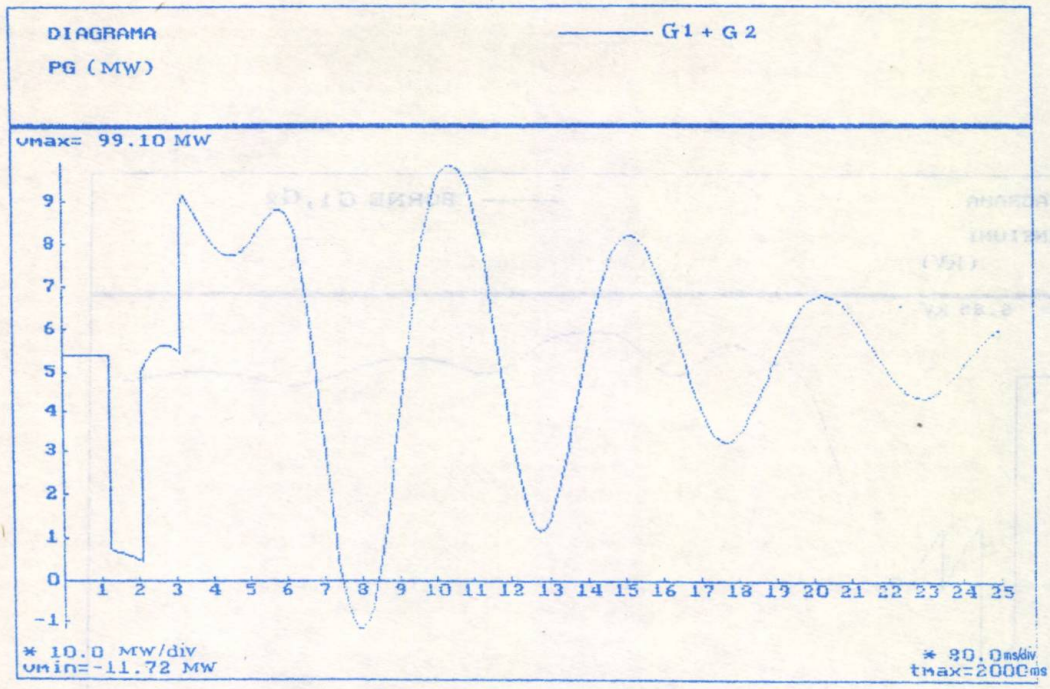


Fig.8.2. Scurtcircuit trifazat lângă A, pe un circuit al LEA 110 kV A-B, cu declanşarea netemporizată a cuplei (t_1 = 70 ms, t_2= 150 ms). Puterea generată: 27 + j 5,5/grup, cu SVC în B - 110 kV. STABIL. Parametrii SVC: K = 30; T = 0.1 s; [+100, - 100] Mvar.

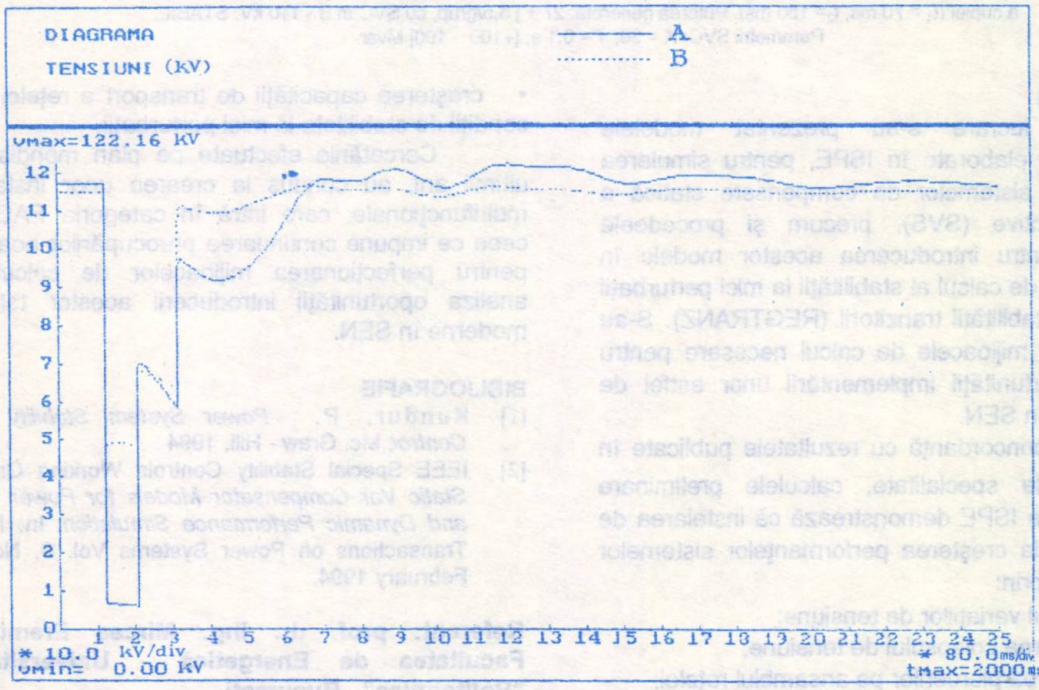


Fig. 8.3. Scurtcircuit trifazat lângă A, pe un circuit al LEA 110 kV A-B, cu declanşarea netemporizată a cuplei (t_1 = 70 ms, t_2= 150 ms). Puterea generată: 27 + j 5,5/grup, cu SVC în B - 110 kV. STABIL. Parametrii SVC: K = 30; T = 0.1 s; [+100, - 100] Mvar.

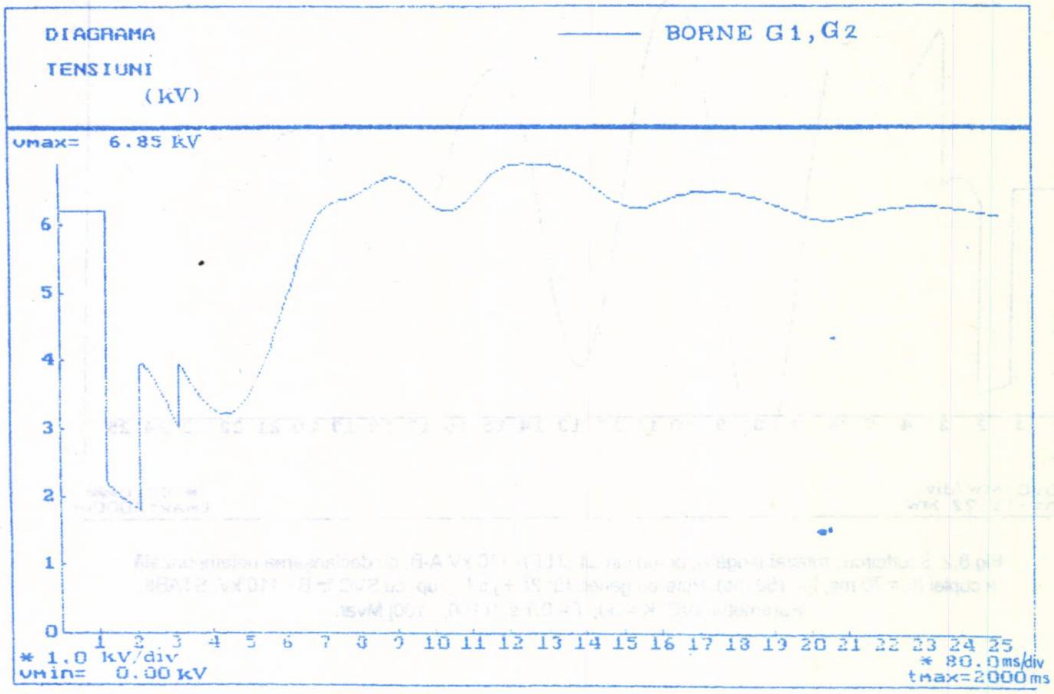


Fig. 8.4. Scurtcircuit trifazat lângă A, pe un circuit al LEA 110 kV A-B, cu declanşarea netemporizată a cuplei (t_1 = 70 ms, t_2= 150 ms). Puterea generată: 27 + j 5,5/grup, cu SVC în B - 110 kV. STABIL. Parametrii SVC: K = 30; T = 0.1 s; [+100 - 100] Mvar.

Concluzii

În lucrare s-au prezentat modelele matematice elaborate în ISPE, pentru simularea comportării sistemelor de compensare statică a puterii reactive (SVS), precum şi procedeele utilizate pentru introducerea acestor modele în programele de calcul al stabilităţii la mici perturbaţii (NIST) şi stabilităţii tranzitorii (REGTRANZ). S-au creat astfel mijloacele de calcul necesare pentru studiul oportunităţii implementării unor astfel de dispozitive în SEN.

În concordanţă cu rezultatele publicate în literatura de specialitate, calculele preliminare efectuate de ISPE demonstrează că instalarea de SVS duce la creşterea performanţelor sistemelor energetice prin:

- controlul variaţiilor de tensiune;
- prevenirea colapsului de tensiune;
- reducerea pierderilor pe ansamblul reţelei;
- îmbunătăţirea stabilităţii tranzitorii;
- amortizarea oscilaţiilor în sistem;
- creşterea capacităţii de transport a reţelei din condiţii de stabilitate la mici perturbaţii.

Cercetările efectuate pe plan mondial în ultimii ani, au condus la crearea unor instalaţii multifuncţionale, care intră în categoria FACTS, ceea ce impune continuarea preocupărilor noastre pentru perfecţionarea mijloacelor de calcul şi analiza oportunităţii introducerii acestor tehnici moderne în SEN.

BIBLIOGRAFIE

[1] Kundur, P. *Power System Stability and Control*, Mc. Graw - Hill, 1994

[2] IEEE Special Stability Controls Working Group. *Static Var Compensator Models for Power Flow and Dynamic Performance Simulation*. In: IEEE Transactions on Power Systems Vol. 9, No. 1, February 1994.

Referent: prof. dr. ing. Mircea Eremia - Facultatea de Energetică - Universitatea "Politehnica", Bucureşti

(Primit la 12 august 1996, acceptat la 20 ianuarie 1997)

STABILIREA DOMENIULUI NECESAR DE OBSERVABILITATE PENTRU REŢEAUA EXTERNĂ ÎN VEDEREA ALEGERII STRUCTURII SISTEMULUI INFORMAŢIONAL DE DISPECER

dr. ing. POMÂRLEANU MARIUS; ing. LIA BEJUSCU *

În procesul de interconectare a sistemului energetic naţional cu sistemele ţărilor vecine este necesară achiziţionarea unui set de informaţii de la reţeaua externă.

Pentru reducerea la minimum a volumului de date este importantă stabilirea pe o cale riguroară a nodurilor externe de la care trebuie obţinute informaţii, astfel încât să se asigure, totuşi, o precizie suficientă calculelor ce se fac în sistemul intern.

Lucrarea prezintă principiile stabilirii domeniului de observabilitate necesar pentru reţeaua externă unui sistem în studiu, ale unui algoritm şi ale unui program de calcul destinat analizei observabilităţii.

In the process of interconnection of the National Power System to the neighbouring countries systems it is necessary to acquire a set of information from the external network.

To reduce to the minimum the data volume it is important to establish on a consistent way the external nodes from which the information will be obtained so that to ensure a sufficient precision of computation that are made in the internal system.

The paper presents the principles that establish the observation field, necessary for the external network of a system under study, of an algorithm and of a computer program for the observation analysis.

Descriptori: sistem electroenergetic, interconexiune, observabilitate

Introducere

În procesul de conducere prin dispecer a unui sistem ce funcţionează interconectat cu alte sisteme un rol important revine achiziţiei informaţiilor din reţeaua externă.

Volumul informaţiilor de date trebuie redus la minimum pentru o manipulare eficientă, dar limita sa trebuie să fie astfel stabilită încât corectitudinea calculelor să nu fie negativ influentaţă.

În aceste condiţii se impune indicarea printr-o procedură riguroasă a nodurilor dintr-o reţea externă care trebuie păstrate cu adevărata identitate şi a celor care pot fi neglijate sau echivalate prin eliminare sau grupare.

În cele ce urmează se propune o cale originală de determinare riguroasă a nodurilor din reţeaua externă, care au o influenţă nesemnificativă asupra calculelor care se fac în reţeaua proprie. Ea a fost concretizată într-un algoritm care a stat la baza elaborării unui program de calcul pentru calculatoare de tip PC.

2. Principiile stabilirii domeniului de observabilitate necesar pentru reţeaua externă unui sistem

Analizele care se fac în sistemul intern nu trebuie să ducă la erori de calcul mai mari decât o valoare prestabilită, când din sistemul extern se reţin numai anumite noduri, celelalte fiind neglijate sau eliminate.

S-a ales un criteriu de apreciere legat de precizia cu care se calculează circulaţiile de puteri pe orice legătură din reţeaua internă. Eroarea care

* GSCI - Centrul de Cercetare, Bucureşti

se produce prin neglijarea unor noduri din reţeaua externă este impusă de operator.

Este evident că liniile pe care se pot produce cele mai mari erori sunt liniile de interconexiune dintre sistemul în studiu şi cel extern, pentru că ele sunt cele mai apropiate de nodurile externe şi suportă influenţa maximă a acestora.

Metoda de selectare a nodurilor externe se bazează pe reprezentarea curentului de pe fiecare linie de interconexiune în funcţie de mărimile electrice caracteristice fiecărui nod din reţeaua externă.

Astfel, pentru o linie de interconexiune dintre nodul **i** şi nodul extern **e** se poate scrie expresia curentului $\underline{I}_{ie}$ astfel:

$$\underline{I}_{ie} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq e}}^{n} \underline{Y}_{ej}(\underline{U}_e - \underline{U}_j) . \qquad (1)$$

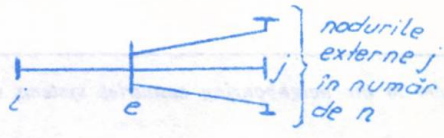


Fig.1.

Din păcate, în reţelele obişnuite, nodul de frontieră **e** se leagă numai cu câteva noduri din reţeaua externă şi pentru ca toate nodurile externe să se evidenţieze în relaţia (1) se efectuează o transformare prealabilă a reţelei externe astfel:

a) fiecare nod generator se reprezintă sub forma unei impedanţe $\underline{Z}_g$ (pentru care se poate lua valoarea reactanţei tranzitorii $\underline{X}'_d$, admiţându-se un reglaj de tensiune) (fig.2*a*) şi fiecare nod de sarcină se reprezintă tot ca un generator (fig.2*b*.), unde: $\underline{Z}_s = \dfrac{U^2}{P_s - jQ_s}$. (2)

(În regimul de bază pentru sarcină tensiunea $E_{j'}$ rezultă, evident, zero).

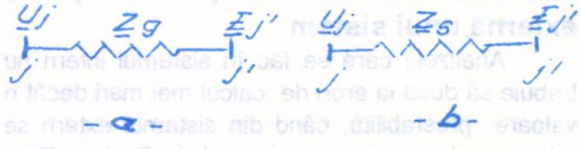


Fig.2.

b) se elimină nodurile **j** şi reţeaua se extinde la nodurile **j'**: datorită buclării reţelei, marea majoritate a nodurilor devin legate direct cu fiecare nod de frontieră **e**.

Noua configuraţie este rezultatul transfigurărilor stea-poligon, iar noile legături se calculează cu relaţiile cunoscute:

$$\underline{Y}_{mn}^{nou} = \underline{Y}_{mn}^{vechi} - \frac{\underline{Y}_{mj} \cdot \underline{Y}_{nj}}{\underline{Y}_{jj} + \underline{Y}_{j}} . \qquad (3)$$

Relaţia (1) se transformă într-o relaţie de forma:

$$\underline{I}_{ie} = \sum_{j=1}^{n} \underline{Y}_{ej'}(\underline{U}_e - \underline{E}_{j'}) \qquad (4)$$

şi conţine majoritatea termenilor de la 1 la n.

Practic, fiecare nod de frontieră va fi legat radial cu majoritatea nodurilor **j'** şi cu celelalte noduri de frontieră **e**.

Expresia (4) se cuantifică foarte precis, fiecare curent din sumă se poate determina concret şi astfel se obţine o listă de valori ce pot fi ordonate. Aceasta listă stă la baza elaborării unei proceduri simple care permite neglijarea unor noduri, astfel încât eroarea cu care se determină valoarea lui $\underline{I}_{ie}$ să fie mai mică decât o valoare prestabilită (indicată de operator).

Pentru toate nodurile de frontieră **e** se obţine un set de liste şi în final se poate constitui o listă unică în care sunt incluse nodurile ce sunt prezente în fiecare din listele amintite.

În acest fel există siguranţa că, neglijând nodurile reţelei externe cuprinse în lista unică, eroarea de calcul nu va depăşi niciodată valoarea prestabilită.

2. Algoritmul şi programul OBSERV

Principiile de stabilire a domeniului de observabilitate necesar pentru o reţea externă au stat la baza elaborării unui algoritm de calcul şi a unui program specializat pentru calculatoare de tip PC, numit OBSERV.

Analiza se face pe reţeaua externă la care se ataşează liniile de interconexiune cu reţeaua în studiu.

Se parcurg următoarele etape:

- extinderea reţelei la nodurile de tip E(j') prin eliminarea nodurilor j;
- structurarea reţelei care se obţine în procesul de la pct.a), astfel încât reţeaua finală să conţină numai legăturile nodurilor de frontieră cu (practic) toate nodurile de tip E(j');
- determinarea componentelor sumei curenţilor de pe fiecare linie de interconexiune;
- ordonarea valorilor aportului fiecărui nod extern;
- selectarea nodurilor care pot fi neglijate fără ca eroarea de calcul să depăşească o valoare prestabilită, fixată de operator;

• întocmirea şi tipărirea listei cu nodurile din reţeaua externă care trebuie reţinute, respectiv a celor de care ne putem dispensa în analizele care se fac pentru reţeaua studiată.

Programul OBSERV are la bază acest algoritm. Cu el se pot face analize de observabilitate pe reţele cu 1000 noduri, 1250 laturi, 150 noduri de frontieră.

3. APLICAŢII

Pentru o variantă a unei scheme SEN din anul 1993 , în funcţionare interconectată prin trei LEA de IT: Isaccea - Ucraina Sud, Isaccea - Varna şi Ţânţăreni - Kozlodui cu fostul SEI, se doreşte stabilirea nivelului de observabilitate necesar pentru ca erorile la calculul circulaţiilor de puteri în reţeaua românească să nu depăşească valoarea de 1%.

Din reţeaua externă (228 noduri) vor trebui reţinute numai 16 noduri şi anume, cele indicate în figura 3.

Verificările s-au făcut pe reţeaua completă şi pe un model care conţine numai sistemul studiat - SEN - şi cele 16 noduri selectate de programul OBSERV.

S-au simulat în SEN o serie de contingenţe de tipul:

- deconectarea unei legături (linie, transformator, un circuit, al doilea circuit, ambele circuite pentru aceste situaţii);
- deconectarea unui generator (grupuri cu puteri între 100 - 300 MW);
- deconectarea simultană a unei legături şi a unui grup (simulând o avarie gravă).

S-au urmărit valorile circulaţiilor de puteri pe schema completă (martor) şi pe modelul de calcul, comparându-se rezultatele şi calculând erorile.

Se constată că acestea sunt mai mari pe cele trei linii de interconexiune (Isaccea - Varna, Isaccea - Ucraina Sud şi Ţânţăreni - Kozlodui), dar nu depăşesc valoarea de 1% impusă de operator.

În tabelul 1 se prezintă valorile erorilor la circulaţiile de puteri pe liniile de interconexiune în cazul unor contingenţe simulate în reţeaua SEN.

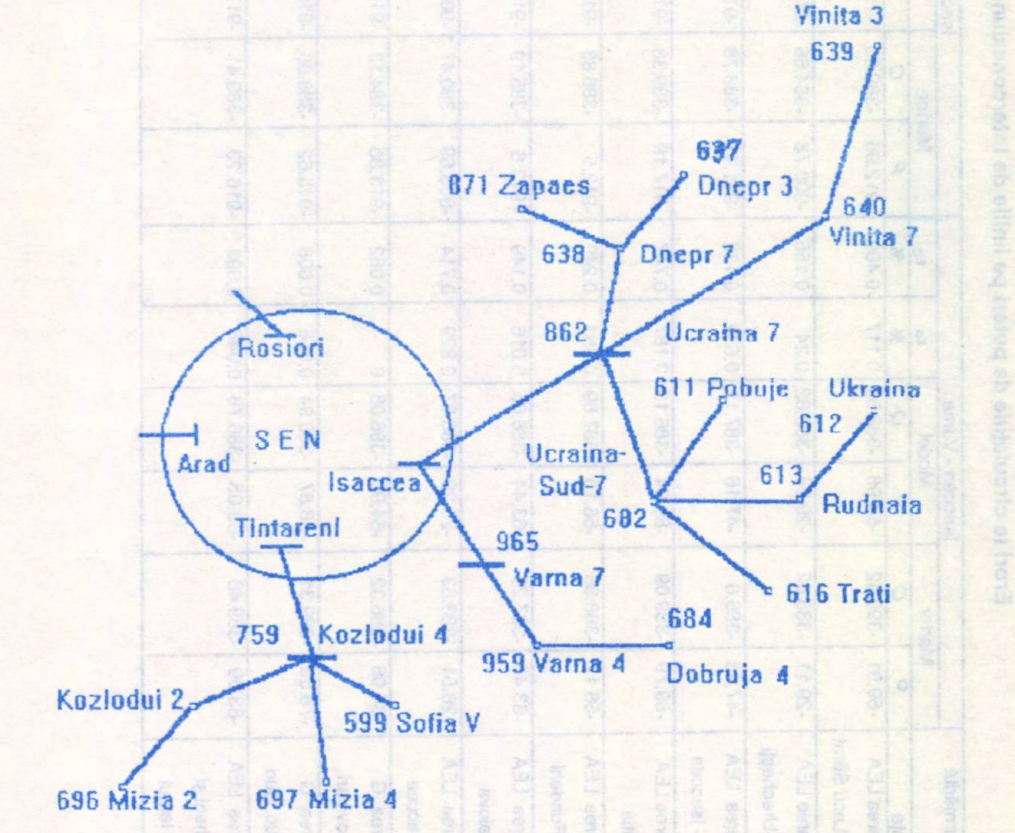


Fig.3. Interconexiunile SEN în ansamblul SEI: —— nodurile de frontieră interne; ▬ nodurile de frontieră externe; □ nodurile din reţeaua SEI selectate de programul OBSERV necesar a fi reţinute pentru ca erorile de calcul să nu depăşească 1 %.

Tabelul 1

Erori la circulaţiile de puteri pe liniile de interconexiune la calculul de contingenţe în SEN

Nr. crt.	Linia urmărită / Contingenţa	Isaccea - Varna						Isaccea - Ucraina						Ţânţăreni - Kozlodui					
		Martor		Model		ε_P	ε_Q	Martor		Model		ε_P	ε_Q	Martor		Model		ε_P	ε_Q
		P	*Q*	*P*	*Q*	%	%	*P*	*Q*	*P*	*Q*	%	%	*P*	*Q*	*P*	*Q*	%	%
1	deconectarea LEA Smârdan-Lacu Sărat	-59.91	-390.42	-59.98	-388.59	0.117	0.469	-912.96	-389.05	-913.37	-389.65	0.046	0.154	359.16	-43.97	358.92	-43.95	0.067	0.045
2	deconectarea LEA Ţânţăreni-Urecheşti	-29.11	-388.02	-29.04	-388.62	0.24	0.155	-908.78	-384.66	-908.58	-384.59	0.022	0.018	323.62	-42.81	324.65	-42.87	0.318	0.14
3	deconectarea LEA Smârdan - Isaccea	-47.46	-386.6	-47.16	-387.11	0.632	0.132	-911.41	-383.78	-911.81	-383.56	0.047	0.057	344.84	-43.38	344.79	-43.37	0.014	0.023
4	deconectarea LEA Sibiu - Mintia	-89.79	-389.09	-89.94	-386.18	0.167	0.747	-917.19	-389.38	-918.15	-390.11	0.105	0.187	393.95	-51.6	392.51	-51.5	0.366	0.194
5	deconectarea LEA Buc.-Sud-Fundeni	-56.12	-388.86	-56.15	-387.89	0.053	0.249	-912.5	-386.83	-912.72	-387.07	0.024	0.062	354.88	-48.07	354.77	-48.06	0.031	0.021
6	deconectarea LEA Işalniţa-Craiova	-63.45	-387.23	-63.44	-386.65	0.016	0.149	-913.6	-385.19	-914.23	-385.26	0.069	0.018	363.44	-46.72	362.93	-46.7	0.14	0.043
7	deconectarea LEA Tulcea - Isaccea	-26.51	-383.63	-26.29	-386.37	0.829	0.714	-908.69	-380.47	-908.22	-379.74	0.052	0.192	320.79	-44.08	321.86	-44.16	0.334	0.181
8	deconectarea G 210 MW Rovinari	-64.96	-386.32	-64.96	-386.08	0	0.062	-913.85	-384.13	-914.2	-384.15	0.038	0.005	365.19	-44.1	364.76	-44.07	0.128	0.038
9	deconectarea G 150 MW Buc. Sud	-78.59	-389.31	-78.87	-386.94	0.356	0.608	-915.62	-388.86	-915.89	-389.55	0.029	0.177	380.93	-50.41	380.23	-50.38	0.184	0.059
10	deconectarea LEA Iernut-Ungheni şi G 100 MW Iernut	-83.09	-389.48	-83.05	-386.78	0.048	0.693	-916.23	-389.41	-917.51	-389.95	0.139	0.138	377.68	-47.62	376.86	-47.56	0.217	0.126

Testările şi aplicaţiile efectuate* confirmă utilitatea programului OBSERV în definirea corectă a zonelor din sistemul exterior, necesar a fi urmărite în procesul complex de conducere a unui sistem electroenergetic.

Concluzii

Procedura descrisă asigură o evaluare riguroasă a gradului de observabilitate necesar a fi realizat pentru o reţea externă, astfel încat volumul de informaţii din sistemul extern să fie redus la minim, dar să fie suficient pentru ca în analizele care se fac să nu se depăşească un prag de eroare admis.

Programul OBSERV este uşor de utilizat şi operează rapid pe reţele vaste delimitând zonele necesar a fi "observate" din sistemul în studiu.

BIBLIOGRAFIE

[1] Dimo, P. *Analiza nodală a sistemelor electroenergetice*. Editura Academiei - 1968.

Referent: prof dr. ing. Mircea Eremia - Facultatea de Energetică - Universitatea "Politehnica", Bucureşti

(Primit la 12 iulie 2006 , acceptat la 20 ianuarie 1997)

NICOLAE ARMENCOIU (1922 - 1996)

A murit NICOLAE ARMENCOIU !

Deşi tot timpul am fost la curent cu evoluţia nemiloasă a bolii sale, am sperat că această fiinţă de o mare vitalitate şi plină de energie nu se va lăsa doborâtă.

Şi totuşi .....

Nicolae Armencoiu s-a născut acum 74 de ani, în localitatea Novaci din judeţul Gorj, într-o familie modestă şi cu mulţi copii.

După încheierea cursurilor primare a început lupta pentru existenţă, în paralel cu continuarea studiilor .

Dotat cu o mare putere de muncă, intuiţie şi perseverenţă, în condiţiile unei stări materiale precare a familiei, s-a angajat la poştă, continuându-şi, în paralel, studiile medii.

În perioada 1947 - 1951 urmează cursurile Institutului Politehnic din Timişoara, ca bursier al Poştei.

In anul 1951 este angajat ca inginer proiectant la ISPE. Datorită calităţilor sale, parcurge rapid treptele ierarhice, fiind inginer-şef în perioada 1957 - 1960 şi apoi director al ISPE în perioada 1960 - 1964. În continuare, a fost promovat în funcţia de vicepreşedinte al Comitetului de Stat pentru Tehnică Nouă şi apoi director în fostul Comitet de Stat al Planificării.

Revenit în fostul Minister al Energiei Electrice, a activat ca director general, secretar general şi adjunct de ministru.

Spre finalul carierei a fost din nou director al ISPE (1973 - 1985) şi apoi consilier (1985 - 1990).

În toate aceste funcţii, de mare responsabilitate în domeniul energetic, s-a remarcat prin dinamism, eficienţă şi un înalt profesionalism. Ca director al ISPE a militat pentru creşterea prestigiului acestuia atât în ţară, cât şi peste hotare, contribuind la dezvoltarea tehnică şi întărirea organizatorică a institutului.

În paralel cu activitatea curentă, s-a preocupat permanent de ridicarea nivelului profesional propriu, a urmărit o documentare tehnică la zi.

În anul 1978 a luat doctoratul în energetică, aducând importante contribuţii la un subiect de mare actualitate, atât atunci, cât şi în prezent : centrale hidroelectrice cu acumulare prin pompaj.

A participat cu succes la multiple acţiuni internaţionale, ca reprezentant şi purtător de tratative, ca autor de referate şi comunicări.

A desfăşurat şi o bogată activitate didactică în învăţământul superior, la Institutul de Construcţii Bucureşti.

Prin dispariţia lui NICOLAE ARMENCOIU se pierde încă unul din cei ce au contribuit cu profesionalism, dârzenie şi abnegaţie la dezvoltarea energeticii româneşti, la creşterea prestigiului pe plan intern şi internaţional a unor instituţii de profil.

Exemplul lui rămâne viu în memoria noastră.

Hermina Albert
George Manolescu

* Pomârleanu, M., Bejuscu, L., Vasiliu, R. Organizarea şi crearea unor bazc de date sintetice sub forma unor reţele reduse echivalente pentru interconexiunea cu UCPTE; analiza observabilităţii sistemelor vecine SEN. - Lucrare internă ICEMENERG - 1995 - 1996.

METODE ANALITICE DE OPTIMIZARE BAZATĂ PE FIABILITATE A MENTENANŢEI ÎN REŢELELE ELECTRICE

ing. MANFRED STEIN; ing. CHRISTIANA BĂRBULESCU; ing. ANA VÂLCEREANU
ing. ALEXANDRU MOLNAR *

În ultimul timp se constată o creştere a preocupărilor de îmbunătăţire a performanţelor reţelelor electrice, de optimizare a condiţiilor de funcţionare şi de prelungire a duratei de viaţă a instalaţiilor existente prin valorificarea experienţei din exploatare.

În cadrul activităţii de valorificare a experienţei din exploatare se menţionează trei componente:

a) diagnoză;

b) măsuri tehnico-organizatorice;

c) metode analitice, bazate pe calculul statistico-probabilistic.

Lucrarea prezintă câteva posibilităţi de modelare matematică în scopul orientării acţiunilor de mentenanţă pe baza performanţelor privind siguranţa în funcţionare a echipamentelor din reţelele electrice.

An inccreased preoccupation with the improvement of the electric networks performances, with the optimization of the operating conditions and an extension of the existing equipment service life have been noticed lately, throwgh the operational experience turning to good account.

Within the activity of making good use of the experience gained in operation three components will be mentioned:

a) diagnosis

b) technical and organizational measures

c) analytical methods, based on the statistic and probability computation.

The work presents several mathematical modelling possibilities, to center maintenance activities on the performances of the network electric equipment safe operation.

Descriptori: reţele electrice, fiabilitate, mentenanţă

Introducere

Mentenanţa constituie cea mai directă şi la îndemână măsură de îmbunătăţire a performanţelor de funcţionare ale echipamentelor energetice, deşi poate implica costuri relativ importante pentru atingerea obiectivelor propuse:

- reducerea indisponibilităţii echipamentelor (prin reducerea numărului şi duratei defectelor);
- asigurarea continuităţii în alimentarea consumatorilor prin prevenirea defectelor (întreruperilor) în funcţionarea echipamentelor.

Pentru fiecare dintre aceste obiective există metode specifice, însă, pentru ambele este recomandabil ca accentul să fie pus pe utilizarea cea mai eficientă a informaţiilor existente, a metodologiilor şi instrumentelor de calcul bazate pe utilizarea datelor statistice provenite din observaţii asupra comportării în explolatare a echipamentelor energetice.

Pornind de la constatarea că, în general, programele de îmbunătăţire prin mentenanţă a performanţelor de funcţionare ale echipamentelor şi instalaţiilor sunt stabilite pe baza unei experienţe bogate, dobândită în mod progresiv, a început să se dezvolte şi să fie tot mai mult utilizată Optimizarea Mentenanţei Bazate pe Fiabilitate (Reliability Centered Maintenance - RCM), întâi în industria militară, nucleară şi în aeronautică şi, în ultimul timp, în energetică. Astfel de analize în domeniul energiei se fac pe scară largă în toate ţările cu sisteme energetice dezvoltate şi au ca obiectiv eficientizarea (sub aspect tehnic şi economic) acţiunilor de mentenanţă şi planificarea lor. Acordând importanţă deosebită abordării teoretice

* Institutul de Studii şi Proiectări Energetice - ISPE, Bucureşti
** GSCI - Centrul de Studii, Bucureşti

cu utilizarea metodelor şi modelelor statistico-probabilistice se pot stabili în mod obiectiv şi ştiinţific strategiile de mentenanţă.

RCM reprezintă o concepţie de utilizare a feed-back-ului informaţional din exploatarea instalaţiilor energetice în domeniul mentenanţei bazate pe principiile calculelor fiabilistice, fiind în prezent o metodă unanim recunoscută şi care în cazul reţelelor electrice de transport ale SEN a început deja să fie utilizată.

Este necesar a se puncta separat importanţa dobândirii experienţei de exploatare prin urmărirea comportării şi valorificarea acesteia, prin analize specifice şi, în consecinţă, considerarea **distinctă** a celor două activităţi în cadrul managementului fiabilităţii şi mentenanţei (fig.1).

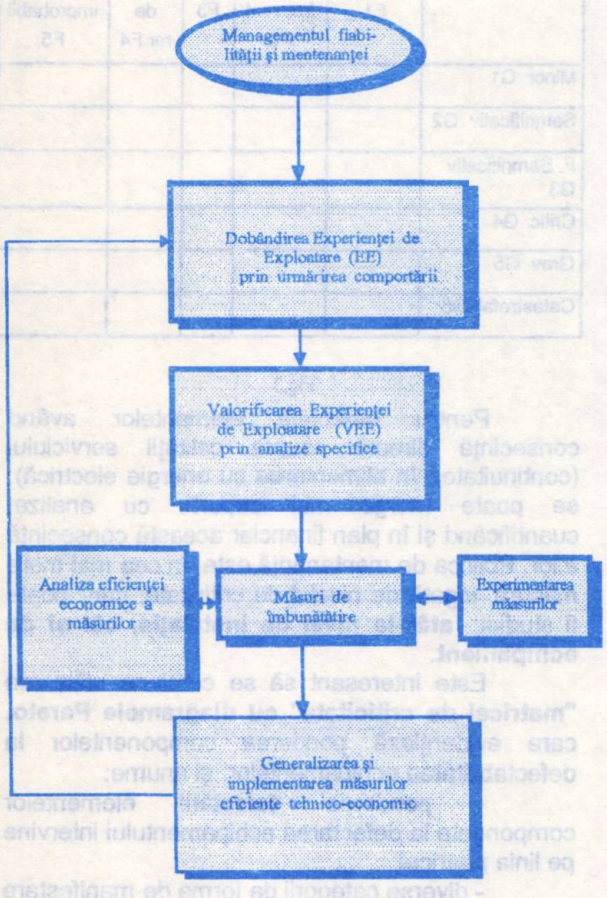


Fig. 1. Feed-back în cadrul managementului fiabilităţii şi mentenanţei.

În cele ce urmează se prezintă câteva metode analitice elaborate şi utilizate de autori în vederea optimizării mentenanţei în reţelele electrice ale SEN, metode ce au la bază calculele statistico-probabilistice. De altfel, prin această lucrare se urmăreşte sensibilizarea specialiştilor asupra utilizării unor astfel de metode şi a necesităţii fundamentării pe aceste baze a măsurilor de îmbunătăţire a mentenanţei.

1. Metode analitice de optimizare a mentenanţei bazată pe fiabilitate

În vederea optimizării mentenanţei preventive/predictive au fost elaborate metode şi modele probabilistice *), ţinând seama de:

- pe termen lung se poate admite o intensitate de defectare cvasiconstantă λ, rezultată în urma unor acţiuni de mentenanţă preventivă (fig. 2) **);

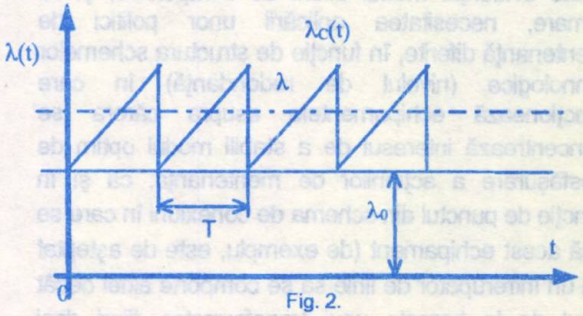


Fig. 2.

- pe durata *T* dintre două acţiuni de mentenanţă trebuie avut în vedere că un anumit echipament prezintă într-o anumită proporţie două componente ale lui λ(*t*): o componentă crescătoare $\lambda_C(t)$, datorată uzurii şi/sau îmbătrânirii echipamentelor, şi o componentă constantă λ_0, datorată elementelor care nu prezintă defecţiuni de uzură şi/sau îmbătrânire, neputând fi influenţată prin acţiuni de mentenanţă preventivă;

- cu cât componenta λ_0 este mai importantă, acţiunile de mentenanţă preventivă pot fi mai rare, iar pentru echipamentele ce prezintă numai componenta constantă λ_0 acestea nu sunt necesare;

- cunoaşterea intensităţilor de defectare şi a diagramelor Pareto care evidenţiază ponderea elementelor componente la defectarea echipamentelor permite abordarea strategiilor de mentenanţă cu ajutorul calculelor statistico-probabilistice.

Cu ajutorul acestor modele se poate studia:

- reducerea intervalului dintre două acţiuni de mentenanţă preventivă, în condiţii

*) Studiu privind stabilitatea unor concepţii noi de gestionare a fiabilităţii şi mentenabilităţii instalaţiilor de reţele electrice de 110 - 1400 kV ale SEN (fazele I - III, ISPE)

**) Pentru simplificare, figura este întocmită în ipoteza distribuţiei Weibull cu coeficient β=2 a duratelor de funcţionare.

economice justificate, în vederea reducerii numărului de defecte prin reducerea intensităţii de defectare;

- posibilitatea extinderii duratei T dintre două intervenţii planificate în condiţiile în care s-a funcţionat fără defect până la un moment oarecare de timp t cuprins între aceste două intervenţii planificate (nedepăşindu-se riscul iniţial asumat de producere a unui defect în intervalul [0;T] - probabilitate a posteriori);
- influenţa structurii schemelor tehnologice asupra politicii de mentenanţă, pentru organizarea acţiunilor de mentenanţă preventivă, astfel încât acestea să conducă la îmbunătăţirea parametrilor de siguranţă globali ai schemelor tehnologice [2]. Prin feed-backul din exploatare se poate evidenţia modul diferit de comportare, şi ca urmare, necesitatea aplicării unor politici de mentenanţă diferite, în funcţie de structura schemelor tehnologice (nivelul de redondanţă) în care funcţionează echipamentele asupra cărora se concentrează interesul de a stabili modul optim de desfăşurare a acţiunilor de mentenanţă, ca şi în funcţie de punctul din schema de conexiuni în care se află acest echipament (de exemplu, este de aşteptat ca un întrerupător de linie să se comporte altfel decât unul de la bornele unui transformator, fiind deci necesară ajustarea corespunzătoare a politicii de mentenanţă);
- modul de stabilire, în cazul nodurilor tehnologice prevăzute cu rezerve active, a duratelor de funcţionare cu câte un echipament, între două alternări de funcţionare, ţinând seama de durata de revizie a fiecărui echipament, după oprirea periodică a acestuia [1].

1.1. AMDE şi utilizarea matricelor de criticitate

O analiză detaliată pe baza datelor din exploatare, permite elaborarea unei "matrici de criticitate" care serveşte la aprecierea interesului pentru ameliorarea fiabilităţii unei componente/echipament şi orientarea acţiunilor de mentenanţă către punctele cele mai sensibile [4].

Din datele de comportare se pot determina intensităţile de defectare ale echipamentelor şi diverselor componente ale acestora. De asemenea, prin analiza AMDE (**A**naliza **M**odurilor de **D**efectare şi a **E**fectelor acestora) se pot stabili pentru diverse moduri de defectare (forme de manifestare a defectelor) frecvenţa de apariţie şi consecinţele (nivel de gravitate). Un exemplu de "matrice de criticitate" este prezentat în figura 3. Într-o matrice astfel definită, fiecare defect al unei componente este plasat corespunzător gravităţii şi frecvenţei apariţei sale. Astfel, în partea superioară a diagonalei se înscriu fie defectele care nu conduc la consecinţe grave deşi sunt frecvente, fie defectele cere conduc la consecinţe grave, dar sunt foarte rare (improbabile). În practică se constată că, în staţii, un anumit număr de defecte este critic. Este cazul, de exemplu, al refuzurilor de declanşare ale unor întreruptoare. În orice caz, nivelul de criticitate diferă mult în funcţie de funcţionalitatea echipamentului în cadrul schemei (de punctul în care este conectat) şi de nivelul de redondanţă, în raport cu acelaşi tip de defect (mod de defectare).

Criticitate	Frecvent F1	Puţin frecvent F2	Rar F3	Extrem de rar F4	Extrem de improbabil F5
Minor G1					
Semnificativ G2					
F. Semnificativ G3					
Critic G4					
Grav G5					
Catastrofal G6					

Fig.3

Pentru defectele elementelor având consecinţă directă asupra calităţii serviciului (continuitatea în alimentarea cu energie electrică), se poate merge mai departe cu analiza, cuantificând şi în plan financiar această consecinţă a lor. Politica de mentenanţă este, în cea mai mare măsură, legată de nivelul de criticitate, care poate fi studiat **atât la nivel de instalaţie, cât şi de echipament**.

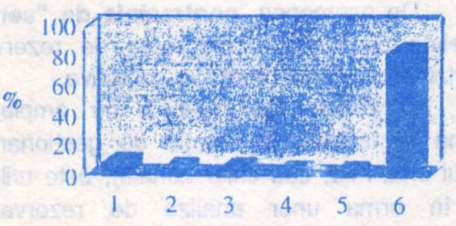
Este interesant să se combine utilizarea **"matricei de criticitate" cu diagramele Pareto,** care evidenţiază ponderea componentelor la defectabilitatea echipamentelor, şi anume:

- ponderea defectării elementelor componente la defectarea echipamentului intervine pe linia matricei;
- diverse categorii de forme de manifestare ale defectului (moduri de defectare) intervin pe coloanele matricei.

În figura 4 se prezintă, numai cu caracter de exemplificare, diagramele Pareto, care evidenţiază ponderile elementelor componente la defectarea întrerupătoarelor IO-220 kV (elementele componente care, pe baza datelor din exploatare

primite în doi ani de observaţie nu au condus la defectarea echipamentului, nu sunt prezentate în această diagramă) şi formele de manifestare ale defectelor care s-au evidenţiat în această perioadă scurtă de observaţie.

a) IO-220 kV. Elemente componente:
1 - butelie azot; 2 - dispozitiv menţinere presiune; 3 - grup electropompă; 4 - garnituri MOP; 5 - bobine declanşare/ anclanşare; 6 - contact mobil; 7 - garnituri; 8 - valve comandă, auxiliare; 9 - altele; 10 - izolaţie; 11 - piston dublu efect; 12 - circuite comandă, auxiliare; 13 - contactoare, relee etc. 14 - racorduri ulei.



b) IO - 220 kV. Forme de manifestare:
1 - nu deschide; 2 - nu închide; 3 - nu stabileşte curentul; 4 - punerea la pământ internă; 5 - rupere izolatoare; 6 - altele.

Fig.4.

Acestor elemente li se ataşează o intensitate de defectare (frecvenţa de apariţie a defectului), iar consecinţele defectării acestora au diferite niveluri gravitate. Figurate în "matricea de criticitate", acestea pot orienta acţiunile de mentenanţă.

"Matricea de criticitate" se poate întocmi atât la nivel de echipament, cât şi de instalaţii. La nivel de echipament "matricea de criticitate" este specifică pentru tipul respectiv, iar la nivel de instalaţie ea este dependentă în general de structura instalaţiei. În ambele cazuri însă, este de cea mai mare importanţă cercetarea modurilor de defectare şi a influenţei acestora asupra comportării instalaţiilor/echipamentelor.

Pe baza analizării "matricelor de criticitate" şi a diagramelor Pareto se pot trage anumite concluzii practice privind locurile (punctele de intervenţie) şi operaţiile necesar a fi efectuate, frecvenţele intervenţiilor planificate fiind influenţate de ponderile elementelor componente la defectarea echipamentelor şi de formele de manifestare ale defectărilor, ţinând însă seama şi de natura consecinţelor defectelor (gravitatea lor). De exemplu, nu se va interveni frecvent asupra unor elemente la care defectul ar avea consecinţe grave, dar producerea lui este absolut improbabilă în condiţii de dimensionare corectă a instalaţiilor şi de asigurare a condiţiilor de mediu impuse (de exemplu în situaţia în care în staţii cu bobine de reactanţă de MT pentru limitarea scurtcircuitelor se produc defecte polifazate). De asemenea, nu este necesară efectuarea unor întreruperi pentru acţiuni de mentenanţă în cazul defectelor relativ frecvente, dar cu consecinţe minore (de exemplu defectarea uneia dintre alimentările cu energie electrică a ventilatoarelor la transformatoarele de forţă).

Aşa cum s-a arătat mai sus, criticitatea studiată la nivel de instalaţie poate fi diferită de cea la nivel de echipament. Astfel de exemplu, un defect al unui reductor de măsură dintr-o celulă de transformator într-o staţie cu două transformatoare rezervate 100 % este defect critic pentru echipamentul respectiv, dar nu pentru schema instalaţiei (dacă evenimentul nu este însoţit de extinderi ale defectului la cealaltă cale).

Programele de mentenanţă se stabilesc **pe tipuri de echipamente**, astfel încât sunt foarte utile detalierile pe elemente componente ale acţiunilor de mentenanţă efectuate.

1.2. *Analiza corelaţională în activitatea de mentenanţă*

O modalitate de abordare a problemei îmbunătăţirii modului de desfăşurare a activităţii de mentenanţă este aceea a studierii **dependenţelor** între acţiunile de **mentenanţă preventivă şi condiţiile de funcţionare** a echipamentelor şi LEA, prin aplicarea **metodei de analiză a corelaţiei.**

Tipurile de corelaţii ce se pot realiza sunt diferite, ele permiţând selecţionarea parametrilor care influenţează defectarea, cu referire directă la modul de desfăşurare al acţiunilor de mentenanţă, cuantificat şi el sub forma unor indicatori (numărul de acţiuni de mentenanţă preventivă, durata medie între două acţiuni de mentenanţă planificată, ponderea mentenanţei incorecte, durata medie a unei acţiuni de mentenanţă, numărul personalului angajat în aceasta etc.).

Prin analizele de corelaţie se poate cuantifica gradul de dependenţă între variabilele analizate, modul de acţionare asupra acestora în sensul dorit (de exemplu, cum se reflectă micşorarea frecvenţei acţiunilor de mentenanţă asupra duratei medii de funcţionare până la defect, asupra numărului de defecte, sau asupra probabilităţii de succes) sau se poate analiza dacă modul diferit de exploatare şi întreţinere

influenţează sau nu (şi dacă da, în ce măsură) comportarea echipamentelor în exploatare (prin experimentarea şi compararea apoi a condiţiilor de mentenanţă şi a performanţelor de comportare în staţii diferite) [1].

Utilizarea metodei statistice a corelaţiei necesită un număr mare de observaţii din exploatare. În consecinţă, pentru a fi concludente, astfel de analize urmează să fie efectuate numai după obţinerea unui număr suficient de informaţii din punct de vedere statistic.

1.3. Optimizarea stocurilor de echipamente de rezervă şi intervenţie necesare pentru mentenanţa corectivă

Un obiectiv principal pentru creşterea siguranţei în funcţionarea reţelelor electrice şi îmbunătăţirea continuităţii în funcţionare este reducerea numărului şi duratelor de defect.

În vederea reducerii duratelor de indisponibilitate pe baza utilizării datelor din exploatare (frecvenţa defectelor, duratele de reparare sau de înlocuire, duratele de procurare de echipamente şi piese de schimb de la furnizor) se poate optimiza **stocul de echipamente de rezervă şi intervenţie**, atât ca mărime, cât şi ca amplasare în teritoriu. Optimizarea stocurilor se face utilizând o metodologie şi un program de calcul specializat [3, 4]. Această problemă este deosebit de importantă, în special în cazul echipamentelor electrice la care duratele de înlocuire sunt sensibil mai reduse faţă de cele de reparaţii.

Metodologia ţine seama de modul de restabilire a stării de funcţionare a echipamentelor, şi anume:

a) reparaţii în ateliere sau centre de reparaţii;

b) înlocuirea cu un element nou, aflat în rezervă pasivă.

Suporţii de informaţii implementaţi în cadrul sistemului de urmărire a comportării instalaţiilor din reţelele electrice de transport ale SEN* [1] detaliază fiecare din aceste moduri de restabilire după defect şi permite calculul duratelor medii corespunzătoare fiecăruia şi al costurilor medii corespunzătoare. Astfel, se pot face comparaţii, de exemplu, între costurile necesare restabilirii prin înlocuire cu piese din stocul local sau din stocul centralizat (FRE, Centru de Exploatare), sau între duratele de restabilire aferente. În acest mod, se pot trage concluzii asupra modului de organizare a sectorului de reparaţii în cadrul diferitelor filiale, asupra nivelului de centralizare a stocurilor sau asupra duratelor de procurare a unor piese de schimb. Evident că reducerea duratei medii de procurare la valori apropiate de durata medie de înlocuire, ar putea favoriza reducerea considerabilă a numărului de piese de schimb de intervenţie aflate în stocuri pe ansamblu FRE.

De asemenea, **contractele de "service"** încheiate cu furnizorii de piese de rezervă ar favoriza eficienţa mentenanţei corective.

O decizie în legătură cu amplasarea optimă în teritoriu în funcţie de gestionare (în cadrul unui FRE sau chiar zonală), este util a se lua în urma unor analize de rezervare a echipamentelor şi componentelor similare şi a unor calcule tehnico-economice în condiţiile specifice, locale date.

Concluzii

Aşa cum se poate constata, la baza metodelor analitice de optimizare a mentenanţei stau indicatorii de fiabilitate obţinuţi prin prelucrarea statistică a datelor privind comportarea în exploatare a echipamentelor/instalaţiilor din cadrul reţelelor electrice ale SEN. În tabelul 1 se sintetizează scopurile şi domeniile în care sunt utilizaţi aceşti indicatori.

Modelele de optimizare a mentenanţei, ca şi orice analiză în scopul iniţierii unor măsuri eficiente de creştere a fiabilităţii şi mentenabilităţii, necesită un feed-back informaţional din exploatare organizat corespunzător, pentru a furniza **date statistice semnificative** obţinute din urmărirea a cât mai multe echipamente şi componente.

Numai astfel, analizele efectuate şi modelele de optimizare, după o prealabilă experientare în instalaţii, vor furniza elementele necesare pentru fundamentarea celor mai adecvate măsuri atât sub aspectul tehnic, cât şi economic, în vederea sporirii siguranţei în funcţionare a reţelelor electrice ale SEN.

* Studiu privind stabilirea unor concepţii noi de gestionare a fiabilităţii şi mentenanţei instalaţiilor din reţelele electrice de 110 - 400 kV ale SEN (fazele I - III), RENEL - ISPE.

Tabelul 1

Modalităţi de valorificare a feed-backului din exploatare, a prelucrărilor statistice şi modelării matematice

Indicatorul calculat	Scopul (domeniul) în care este utilizat
λ = intensitatea de defectare MTBF = durata medie între două defecte	**Caracterizarea fiabilităţii**: - numărul mediu de defecte într-un interval de timp T; - durata medie între două defecte succesive; - probabilitatea de funcţionare fără defect într-un interval (0,T). **Optimizarea intervalului între două acţiuni de mentenanţă planificată**: - analize corelaţionale între defectabilitate şi strategia de mentenanţă.
λ_i (intensitatea de defectare a elementelor componente ale echipamentelor şi LEA)	- Depistarea punctelor slabe ale echipamentului; - Stabilirea priorităţilor de intervenţie în acţiunile de mentenanţă preventivă; - Stabilirea priorităţilor de cercetare pentru îmbunătăţirea calităţii echipamentelor.
μ = intensitatea de reparare MTR = durata medie de restabilire	- Creşterea disponibilităţii prin reducerea duratelor de restabilire prin reparaţie; - Optimizarea intervalului dintre două acţiuni de mentenanţă planificată.
p = probabilitatea de succes q = probabilitatea de insucces	- Evaluarea efectului măsurilor de îmbunătăţire a fiabilităţii şi mentenabilităţii (prin reducerea lui λ sau creşterea lui μ) asupra duratei totale de defect în intervalul (0,T). - Analize corelaţionale între defectabilitate şi strategia de mentenanţă.
A (disponibilitatea)	- Evaluarea efectului reducerii duratei sau/şi frecvenţei intervenţiilor planificate, ca şi al reducerii duratelor de mentenanţă corectivă asupra reducerii indisponibilităţii.
C_f (coeficientul de funcţionare)	- Aprecierea condiţiilor în care a fost exploatat efectiv un echipament în intervalul (0,T).
Probabilitatea de refuz la solicitare (inclusiv la RART şi RARM nereuşit)	- Analizarea eficienţei stabilirii unor intervale de mentenanţă preventivă sau de diagnoză (inclusiv semnalizări), pe principiul numărului de solicitări (nu pe principiul duratelor de funcţionare între două acţiuni)
Durate medii de înlocuire, reparaţie (în atelier, la faţa locului), procurare de la furnizor	- Optimizarea stocului de echipamente şi piese de rezervă (ca volum şi amplasament în teritoriu).
Indicatori economici ai acţiunilor de mentenanţă (costuri medii manoperă şi piese de schimb, număr mediu personal, consumuri de materiale)	- Planificarea obiectivă a resurselor materiale, umane şi băneşti pentru asigurarea optimizării acţiunilor de mentenanţă, inclusiv prin analize comparative ale condiţiilor locale de reparaţii - întreţinere (la diferite obiective).
Toţi indicatorii menţionaţi	- Stabilirea unor clauze în contractele furnizor - beneficiar de echipamente, privind condiţii de fiabilitate şi mentenabilitate; - Modelări teoretice prin analize RCM, pentru fundamentarea politicii de mentenanţă pe baza performanţelor de fiabilitate (cuantificate prin indicatori), ţinând seama de structura schemelor etc.
Ponderi ale formelor de manifestare, cauze, prilejuri, solicitări etc.	- Evidenţierea unor defecte sistematice; - Stabilirea unor oportunităţi de diagnosticare on- şi off- line; - Orientarea acţiunilor de mentenanţă, inclusiv a conţinutului acestora.

BIBLIOGRAFIE

[1] Stein, M., Bărbulescu, C., Molnar, A. *Contribuţii la aplicarea RCM (Reliability Centered Maintenance) în instalaţiile energetice.* Buletinul ISPE nr. 3/1995.

[2] Stein, M., Bărbulescu, C., Ciupuliga, A. *Un model pentru calculul fiabilităţii în cazul rezervării pasive "în stoc" a echipamentelor reparabile.* în: Energetica nr. 6-7/1990.

[3] Stein, M., Bărbulescu, C., Ciupuliga, A., Diaconu, S. *A practical method for the dimensioning and management of the reparable equipment spare stocks from power installations.* Ref. 220-03 CIGRE, aprilie 1993, Berlin.

[4] Villemeur, A. - *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*, Edition Eyrolles, 1988

Referent: dr. ing. Badea Popa - GSCI

(Primit la 26 august 1996, acceptat la 24 octombrie 1996)

UN CAZ DE APLICARE A PROGRAMĂRII DINAMICE: DEZVOLTAREA REŢELEI SISTEMULUI ELECTROENERGETIC

prof. dr. ing. THEODOR MICLESCU*; dr. ing. JEAN CONSTANTINESCU**; conf. dr. ing. GABRIEL BAZACLIU*;

ş. l. ing. VIRGIL DUMBRAVĂ*

În lucrare se arată cum dezvoltarea sistemului energetic poate fi modelată matematic ca o problemă de programare dinamică. Pentru fiecare an de dezvoltare se defineşte o mulţime a stărilor în care se poate găsi sistemul, ţinând seama de cât mai multe proiecte de construcţie. Variabilele de decizie reprezintă trecerile compatibile de la o stare dintr-un an la altă stare în anul următor. Costurile actualizate din fiecare an, raportate la anul de referiţă, depind doar de deciziile de trecere dintr-o stare în alta. Se formează astfel un şir de funcţii separabile care însumate dau funcţia obiectiv ce îndeplineşte condiţiile programării dinamice.

Modelul matematic rezultat se pretează şi la o tratare probabilistică, ţinând seama că odată cu declarea orizontului de prognoză scade importanţa costurilor actualizate în ansamblul funcţiei obiectiv. Recalcularea periodică a modelului garantează menţinerea pe o strategie optimă.

The work presents the way in which the electric power system development can be mathematically modelled as a dynamic programming problem. For each year of development a set of states of the power system network can be defined, taking into account as many construction designs as possible. The decision variables represent the compatible passings from a state characteristic of a certain year to another state, characteristic of the next year. The costs that are updated each year, against the reference year, depend only on the decisions of passing from one state to another. Thus there results a series of separable functions which when summed up provide the objective function which fulfills the dynamic programming conditions.

The resulting mathematical model can be also subjected to a probabilistic approach, considering that the importance of the updated costs decreases with the difference in time of the forecasting "horizon" of the objective function on its whole. The periodic recomputation of the model guarantees the optimum strategy maintenance.

Descriptori: dezvoltarea reţelei sistemului electroenergetic, programarea dinamică, cheltuieli totale actualizate

Introducere

Caracteristic perioadei contemporane este faptul că unei aceeaşi probleme tehnice i se oferă un număr mare de soluţii. Arta proiectantului în prezent nu mai constă doar în găsirea unei soluţii la o problemă dată, ci în alegerea celei mai bune soluţii dintr-un număr mare de soluţii posibile. Instrumentul raţional pentru a face această alegere îl constituie **cercetarea operaţională (operations research)**. În [6, 8, 10] sunt tratate exemple de aplicare ale cercetării operaţionale în energetică. Una din metodele acesteia o constituie **programarea dinamică**. Metoda programării dinamice este descrisă în general în [1, 2, 7, 9]. În cele ce urmează se va exemplifica aplicarea acestei metode pentru a alege cea mai bună strategie de dezvoltare a unei reţele electrice pentru care dispunem de multe strategii de dezvoltare. Preocupări legate de aceeaşi problemă au mai fost publicate în [3, 4, 5].

* Universitatea "Politehnica" Bucureşti, Facultatea de Energetică, Catedra Electroenergetică

** GSCI - Centrul de Cercetare - ICEMENERG

1. Metoda programării dinamice

Este cunoscut modelul programării dinamice:

$$[MIN]\, R = g_1(x_1) + g_2(x_2) + \ldots + g_n(x_n) \quad (1)$$

$$x_1 + x_2 + \ldots + x_n = A \quad (2)$$

$$x_1, x_2, \ldots, x_n \geq 0. \quad (3)$$

Variabilele $x_1, x_2, \ldots, x_n$ se numesc variabile de decizie. Se introduc variabilele de stare y_i,

$$y_i = x_1 + x_2 + \ldots + x_i, \quad i \leq n. \quad (4)$$

Faptul că funcţia obiectiv este formată din funcţii separabile exprimă condiţia ca decizia luată într-o anumită etapă să nu fie influenţată de decizia luată în etapa precedentă.

Deoarece variabilele x_i sunt continui, pentru rezolvarea modelului se formează o reţea de valori, aceeaşi pentru toate variabilele de decizie, a

cărei caracteristică este pasul rețelei Δx. Acest pas este determinant pentru precizia de stabilire a soluției optime și pentru volumul calculelor.

Rezolvarea modelului - determinarea valorilor $x_1, x_2, \ldots, x_n$ care fac minimă funcția R - se face cu ajutorul relației de recurență

$$f_i(y_i) = \min\left[g_i(x_i) + f_{i-1}(y_{i-1})\right], \quad 0 \le y_i \le A, \quad 0 \le x_i \le y_i \qquad (5)$$

în care x_i și y_i iau valori în nodurile rețelei de valori.

2. Metoda programării dinamice discrete

Modelul de mai sus poate fi generalizat în măsura în care în locul valorilor variabilei de decizie x_i folosim mulțimea deciziilor posibile în etapa i - X_i -, iar în locul valorilor variabilei de stare y_i folosim mulțimea stărilor posibile după i etape, și anume Y_i .

Utilizînd indicele i pentru o etapă și indicele j(i) pentru elementul j al mulțimii Y_i putem considera decizia în etapa i ca o relație binară între elementele mulțimilor Y_{i-1} și Y_i :

$$x_{j(i-1),j(i)} = y_{j(i-1)} \Re y_{j(i)} = y_{j(i-1)} \rightarrow y_{j(i)}. \qquad (6)$$

Strategia formată din două decizii succesive se scrie drept compusa a două relații binare

$$y_{j(i-2)} \rightarrow y_{j(i-1)} \rightarrow y_{j(i)} = x_{j(i-2),j(i-1)} \circ x_{j(i-1),j(i)}. \qquad (7)$$

Strategia între starea inițială și cea finală este

$$y_0 \rightarrow y_{j(1)} \rightarrow y_{j(2)} \rightarrow \ldots \rightarrow y_{j(n-1)} \rightarrow y_n = x_{0,j(1)} \circ x_{j(1),j(2)} \circ \ldots \circ x_{j(n-1),n} \qquad (8)$$

unde y_0 și y_n sunt starea inițială, respectiv finală.

Modelul matematic se poate scrie sub forma:

$$[MIN]R = g_1\left[y_0 \rightarrow y_{j(1)}\right] + g_2\left[y_{j(1)} \rightarrow y_{j(2)}\right] + \ldots + g_n\left[y_{j(n-1)} \rightarrow y_n\right], \qquad (9)$$

$$y_0 \rightarrow y_{j(1)} \rightarrow y_{j(2)} \rightarrow \ldots \rightarrow y_n \qquad (10)$$

$$y_{j(1)} \in Y_1,\ y_{j(2)} \in Y_2,\ \ldots,\ y_{j(n-1)} \in Y_{n-1} \qquad (11)$$

sau sub forma :

$$[MIN]R = g_1\left[x_{0,j(1)}\right] + g_2\left[x_{j(1),j(2)}\right] + \ldots + g_n\left[x_{j(n-1),n}\right], \qquad (12)$$

$$x_{0,j(1)} \circ x_{j(1),j(2)} \circ \ldots \circ x_{j(n-1),n}, \qquad (13)$$

$$x_{0,j(1)} \in X_1,\ x_{j(1),j(2)} \in X_2,\ \ldots,\ x_{j(n-1),n} \in X_n. \qquad (14)$$

Și în acest caz aplicarea principiului de optimalitate conduce la stabilirea formulei de recurență:

$$f_i\left[y_{j(i)}\right] = \min\left\{g_i\left[y_{j(i-1)} \rightarrow y_{j(i)}\right] + f_{i-1}\left[y_{j(i-1)}\right]\right\}, \qquad (15)$$

cu ajutorul căreia se poate stabili strategia optimă (soluția optimă).

Deoarece formula de mai sus are un caracter general, pentru a putea conține și soluțiile în care decizia $y_{j(i-1)} \rightarrow y_{j(i)}$ nu este posibilă se asociază metodei programării dinamice metoda funcțiilor de penalizare. În acest caz pentru $g_i\left[y_{j(i-1)} \rightarrow y_{j(i)}\right]$ se ia o valoare foarte mare (teoretic infinit mare).

3. EXEMPLU DE APLICAȚIE

3.1. Punerea problemei

Se dă rețeaua din figura 1 (linie plină). Consumatorul conectat la barele BC2, absorbind în anul de bază o putere de 1,71 MVA, se dezvoltă pe parcursul a cinci ani cu o rată anuală de creștere de 1,54, atingând în anul cinci consumul de 14,81 MVA (tabelul 1).

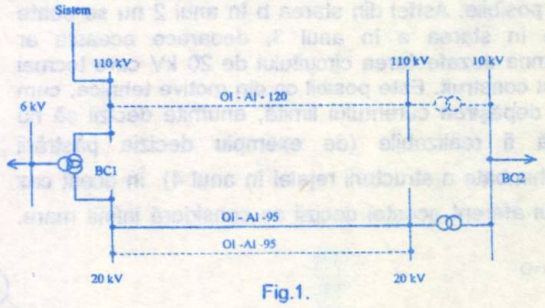


Fig.1.

Tabelul 1

anul	S_2 [MVA]
0	1,71
1	2,63
2	4,05
3	6,25
4	9,62
5	14,81

Sunt luate în considerație patru posibilități de acoperire a acestei evoluții a consumului, și anume:

a) păstrarea rețelei în situația inițială;

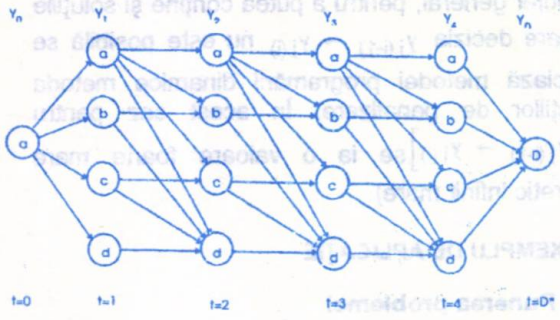
b) construirea unui circuit suplimentar de 20 kV concomitent cu înlocuirea transformatorului 20/10 kV;

c) construirea unei linii cu tensiunea de 110 kV împreună cu stația de 110/10 kV;

d) construirea simultană a variantelor b și c (linii întrerupte).

3.2. Modelul matematic

Considerând că fiecare din variantele b, c, d se poate realiza pe parcursul unui an și că pentru fiecare din variantele a, b, c, d corespunde o stare a rețelei sistemului studiat, dezvoltarea acesteia se poate reprezenta printr-un graf (fig. 2). Fiecăruia din nodurile acestui graf îi corespunde una din stările rețelei după aplicarea variantei de dezvoltare a, b, c sau d, iar fiecărei laturi decizia de aplicare a uneia din variante .



*) prin D se înţelege durata de viaţă a instalaţiilor.

Fig.2.

În legătură cu acest graf se pot face următoarele comentarii. Nu toate relaţiile dintre stări sunt posibile. Astfel din starea b în anul 2 nu se poate trece în starea a în anul 3, deoarece aceasta ar însemna dezafectarea circuitului de 20 kV care tocmai a fost construit. Este posibil ca din motive tehnice, cum ar fi depăşirea curentului limită, anumite decizii să nu poată fi realizabile (de exemplu decizia păstrării neschimbate a structurii reţelei în anul 4). În acest caz costul aferent acestei decizii se consideră infinit mare.

Drept stare finală a grafului se consideră starea după expirarea duratei de viaţă. Dat fiind actualizarea cheltuielilor, influenţa unor valori ale duratei de viaţă, diferite pentru diferite variante, asupra strategiei optime este nesemnificativă.

Graful din figura 2 reprezintă o sinteză a tuturor strategiilor posibile corespunzătoare condiţiei (10). Strategia optimă de dezvoltare se poate stabili pe două căi. Prima dintre ele constă în evidenţierea tuturor strategiilor posibile rezultând din graf - în cazul de faţă 36 strategii, aşa cum se poate constata pe arborele deciziilor (fig. 3) - calculul valorii funcţiei obiectiv pentru fiecare strategie şi, în final, prin comparare, stabilirea strategiei optime. Spre deosebire de această cale, aplicarea metodei programării dinamice discrete permite o reducere importantă a volumului de calcule, după cum se va arăta în continuare.

Din cele de mai sus rezultă că oricare ar fi calea de rezolvare abordată trebuie în prealabil calculată valoarea funcţiei obiectiv, adică a funcţiei R - (9). Această operaţie se reduce la rândul ei la stabilirea funcţiei separabile $g_i\left[y_{j\,(i-1)} \rightarrow y_{j\,(i)}\right]$.

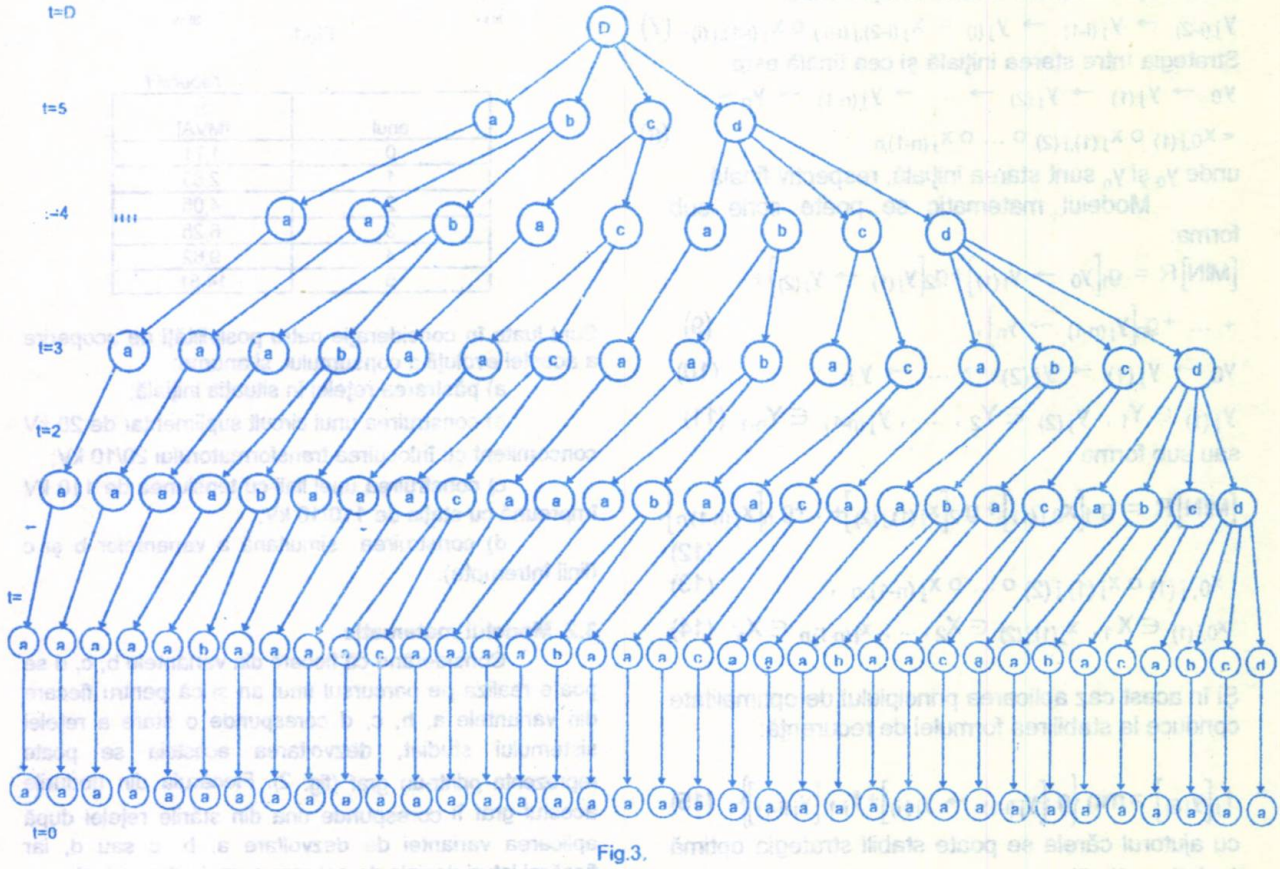


Fig.3.

În cazul studiat ne propunem drept criteriu de optimizare cheltuielile totale actualizate. Considerând anul de raportare anul 0, iar investiţiile şi cheltuielile dintr-un an concentrate la începutul, respectiv la sfârşitul anului în care au fost făcute, funcţia g_i capătă forma:

$$g_i\left[y_{j\,(i-1)} \rightarrow y_{j\,(i)}\right] = I_{j\,(i-1),j\,(i)}\left(1+p_e\right)^{i-1} + C_{j\,(i)}\left(1+p_e\right)^{-i}, \quad (16)$$

unde :

$I_{j(i-1),j(i)}$ este valoarea investiţiei făcută în anul i;

$C_{j(i)}$ - cheltuielile corespunzătoare funcţionării reţelei în anul i;

p_e - coeficientul normat de eficienţă economică.

În exemplul de faţă relaţia (16) este valabilă pentru $i \in [1;5]$. Pentru $i > 5$ este valabilă relaţia:

$$g_i\left[y_{j\,(i-1)} \rightarrow y_{j\,(i)}\right] = C_{j\,(5)}\left(1+p_e\right)^{-i}. \quad (17)$$

Datorită duratei mare de viaţă a instalaţiilor se poate considera că suma termenilor de forma de mai sus reprezintă o progresie geometrică cu raţia subunitară astfel că avem:

$$\sum_{6}^{n} g_i\left[y_{j\,(i-1)} \rightarrow y_{j\,(i)}\right] \sim C_{j\,(5)} \frac{1}{p_e\left(1+p_e\right)^5}.$$

Înmulţind cu p_e şi raportând cheltuielile totale la sfârşitul perioadei de dezvoltare - anul 5 - se obţine pentru cheltuielile totale actualizate expresia funcţiei obiectiv:

$$Z = p_e\left(1+p_e\right)^5\left(I_{0,j\,(1)} + \frac{C_{j\,(1)}}{1+p_e}\right) + p_e\left(1+p_e\right)^4\left(I_{j\,(1),j\,(2)} + \frac{C_{j\,(2)}}{1+p_e}\right) +$$

$$+ p_e\left(1+p_e\right)^3\left(I_{j\,(2),j\,(3)} + \frac{C_{j\,(3)}}{1+p_e}\right) + p_e\left(1+p_e\right)^2\left(I_{j\,(3),j\,(4)} + \frac{C_{j\,(4)}}{1+p_e}\right) +$$

$$+ p_e\left(1+p_e\right)\left(I_{j\,(4),j\,(5)} + \frac{C_{j\,(5)}}{1+p_e}\right) + C_{j\,(5)}.$$

3.3. Calculul numeric

Pentru toate deciziile corespunzătoare grafului din figura 2 au fost calculate valorile funcţiilor g_i după verificarea prealabilă a restricţiilor de natură tehnică. Se va exemplifica cu determinarea strategiei optime pentru atingerea stării d în anul al treilea. Valorile, în unităţi monetare convenţionale (UM), sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Anul	Decizia	$g_i\left(y_{j(i-1)} \rightarrow y_{j(i)}\right)$ [UM]
1	a → a	40,995
	a → b	563,400
	a → c	1 544,998
	a → d	2 097,825
2	a → a	90,474
	a → b	538,250
	b → b	44,552
	a → c	1 412,600
	c → c	3,596
	a → d	1 909,700
	b → d	1 416,000
	c → d	497,150
	d → d	3,456
3	a → a	195,092
	a → b	544,880
	b → b	96,068
	a → c	1291,900
	c → c	7,753
	a → d	1 740,400
	b → d	1 291,600
	c → d	456,270
	d → d	7,453

Aplicarea relaţiei de recurenţă (15) conduce la următoarele rezultate :

- pentru primul an:

$f_1(a) = g_1(a \rightarrow a) = 40,995$ UM,

$f_1(b) = g_1(a \rightarrow b) = 563,400$ UM,

$f_1(c) = g_1(a \rightarrow c) = 1\,544,998$ UM,

$f_1(d) = g_1(a \rightarrow d) = 2\,097,825$ UM;

- pentru anul al doilea:

$f_2(a) = g_2(a \rightarrow a) + f_1(a) = 90,474 + 40,995 =$

$= 131,469$ UM,

$f_2(b) = \min\left\{\left[g_2(a \rightarrow b) + f_1(a)\right], \left[g_2(b \rightarrow b) + f_1(b)\right]\right\} =$

$= \min\left[(538,250 + 40,995), (44,552 + 563,400)\right] =$

$= g_2(a \rightarrow b) + f_1(a) = 579,245$ UM,

$f_2(c) = \min\left\{\left[g_2(a \rightarrow c) + f_1(a)\right], \left[g_2(c \rightarrow c) + f_1(c)\right]\right\} =$

$= \min\left[(1\,412,600 + 40,995), (3,596 + 1\,544,998)\right] =$

$= g_2(a \rightarrow c) + f_1(a) = 1\,453,595$ UM,

$f_2(d) = \min\left\{\left[g_2(a \rightarrow d) + f_1(a)\right], \left[g_2(b \rightarrow d) + f_1(b)\right]\right.$

$\left.\left[g_2(c \rightarrow d) + f_1(c)\right], \left[g_2(d \rightarrow d) + f_1(d)\right]\right\} =$

$= \min\left[(1\,909,700 + 40,995), (1\,416,000 + 563,400),\right.$

$\left.(497,150 + 1544,998), (3,456 + 2\,097,825)\right] =$

$= g_2(a \rightarrow d) + f_1(a) = 1\,950,695$ UM;

• pentru anul al treilea

$$f_3(a) = g_3(a \to a) + f_2(a) = 195{,}092 + 131{,}469 = 326{,}561 \text{ UM},$$

$$f_3(b) = \min\{[g_3(a \to b) + f_2(a)], [g_3(b \to b) + f_2(b)]\} =$$

$$= \min[(544{,}880 + 131{,}469), (96{,}068 + 579{,}245)] =$$

$$= g_3(b \to b) + f_2(b) = 675{,}313 \text{ UM}$$

$$f_3(c) = \min\{[g_3(a \to c) + f_2(a)], [g_3(c \to c) + f_2(c)]\} =$$

$$= \min[(1\,291{,}900 + 131{,}469), (7{,}753 + 1\,453{,}595)] =$$

$$= g_3(a \to c) + f_2(a) = 1\,423{,}369 \text{ UM},$$

$$f_3(d) = \min\{[g_3(a \to d) + f_2(a)], [g_3(b \to d) + f_2(b)],$$

$$[g_3(c \to d) + f_2(c)], [g_3(d \to d) + f_2(d)]\} =$$

$$= \min[(1\,740{,}400 + 131{,}469), (1\,291{,}600 + 579{,}245),$$

$$(456{,}270 + 1\,453{,}595), (7{,}453 + 1\,950{,}695)] =$$

$$= g_3(b \to d) + f_2(b) = 1\,870{,}845 \text{ UM}.$$

Câteva verificări permit să se observe faptul că rezultatele obţinute sunt logice. Astfel, de exemplu, $g_2(a \to a) > g_1(a \to a)$ ca urmare a creşterii pierderilor electrice în anul al doilea faţă de primul an, în condiţiile unei structuri neschimbate. Tot aşa, faptul că $g_2(a \to b)$ este mai mic decât $g_1(a \to b)$ se explică prin decalarea cu un an a investiţiilor în varianta b etc.

Răspunsul la întrebarea pusă, şi anume "care este strategia optimă pentru a ajunge în al treilea an în starea d" se găseşte în rezultatele de mai înainte astfel: se observă din $f_3(d)$ că starea d în anul al treilea se află la capătul unei strategii optime a cărei ultimă decizie este b → d. Reiterând raţionamentul cu ajutorul rezultatelor $f_2(b)$ şi $f_1(a)$ se obţine strategia optimă a → a → b → d (figura 4, linia îngroşată).

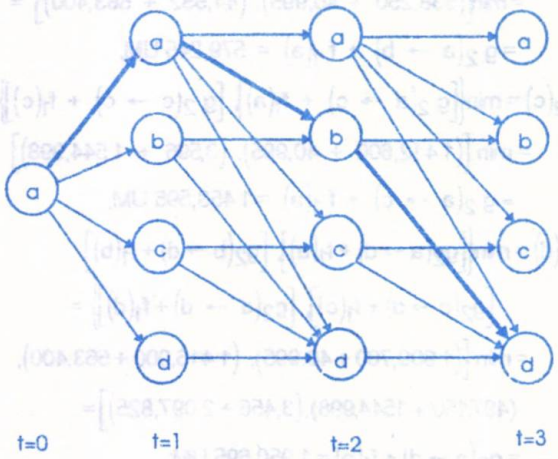


Fig.4.

3.4. Eficienţa calculelor

Arborele deciziilor pentru problema pusă este prezentat în figura 5. Pentru a calcula valoarea funcţiei obiectiv corespunzătoare celor nouă strategii sunt necesare 18 operaţii de adunare. La pct. 3.3 pentru a determina strategia optimă au fost efectuate 13 adunări. Economia de volum de calcul prin aplicarea programării dinamice discrete este de circa 30 %.

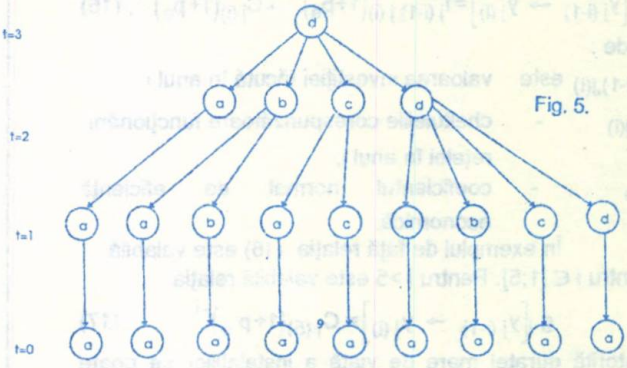


Fig. 5.

Concluzii

Din cele de mai înainte rezultă că metoda programării dinamice poate fi considerată ca o metodă ce permite integrarea rezultatelor activităţii de proiectare pentru a obţine strategia de dezvoltare optimă cu un volum redus de calcule.

BIBLIOGRAFIE

[1] Bellman, R.E. *Dynamic Programming*, Princeton University Press, 1957.

[2] Wagner, H.M. *Principles of Operations Research*, Prentince-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New-Jersey, 1969.

[3] Kaltenbach, J.C. Peschon, J., Gehring, E.H., *A Mathematical Optimization Technique for the Expansion of Electric Power Transmission Systems*, In: IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, vol. 86, No. 1, January 1970.

[4] Dusonchet, Y.P. El-Abiad, A., *Transmission Planning Using Discrete Dynamic Optimizing*, In: IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, vol. 92, No. 4, July/August, 1973.

[5] Padaliko, L.P. *Matematiceskie metodî optimalinovo planirovaniia razvitiia i ekspluataţiia energosistem*, Izdatelistvo Vîsşaia Şkola, Minsk, 1973.

[6] Crişan, O. *Optimizări decizionale în sistemele electroenergetice*, Editura Facla, Timişoara, 1975.

[7] Miclescu, Th., Bazacliu, G. *Optimizări în sistemele energetice*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1977.

[8] Moder, J.J., Elmaghraby, S.E. Editors, *Handbook of Operations Research, Models and Applications*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1978.

[9] Hillier, F.S., Liebermann, G.J. *Operations Research, Einführung*, R. Oldenbourg Werlag, Munchen, 1988.

[10] Kuznețov, O.P., Adelison-Beliskii, G.M., *Discretnaia matematika dlia injenera*, Energoatomizdat, Moskwa, 1988

Referent: dr. ing. Marius Pomârleanu - GSCI -Centrul de Cercetare

(Primit la 29 octombrie 1996, acceptat la 30 octombrie 1996) ❑

DE LA COMITETUL NAŢIONAL ROMÂN AL CIGRE

După cum este bine cunoscut, în anii cu soţ au loc sesiunile bienale ale CIGRE. Sesiunea din 1996 a avut un caracter special, întrucât corespundea cu împlinirea a 75 ani de existenţă a prestigioasei organizaţii tehnico-ştiinţifice internaţionale neguvernamentale.

Viitoarea sesiune se va desfăşura între 30 august şi 5 septembrie 1998, la Palatul Congreselor din Paris. Pentru orientarea tematicii viitoarei sesiuni au fost stabilite subiectele preferenţiale propuse de cele 15 Comitete Internaţionale de Studii ale CIGRE pentru cele 15 Grupe omologe ce vor figura în programul sesiunii. Lista acestor subiecte preferenţiale, aprobată de preşedintele Comitetului Tehnic al CIGRE, este dată în anexă.

Persoanele doritoare să propună rapoarte, pe care să le elaboreze pentru a fi incluse în Programul sesiunii 1998 sunt rugate să transmită până, cel mai târziu, la data de 31 martie 1997 un rezumat al raportului propus, întocmit în limba engleză sau franceză, la secretariatul CNR CIGRE pe adresa :

c/o RENEL GSCI, bd.Energeticienilor 8, 79619, Bucureşti, tel.(01)321 44 65, fax (01)321 10.10.

Rezumatul va exprima în circa 500 cuvinte diferitele aspecte care vor fi tratate în raportul propus, titlul, autorul, sau autorii, în care caz se va preciza autorul principal şi coordonatele complete ale acestuia (adresă, telefon, fax).

Se atrage atenţia asupra importanţei subiectelor preferenţiale în care vor fi grupate toate rapoartele selectate în final pentru sesiune. De aceea propunerile vor fi însoţite în mod obligatoriu de indicarea subiectului preferenţial şi al grupei de rapoarte în care se încadrează raportul propus.

Pentru orice lămuriri sau informaţii suplimentare doritorii se pot adresa la telefoanele 01-321 44 65, sau 01-211 38 86.

PREŞEDINTELE CNR CIGRE
Dr.ing.Călin Mihăileanu

SESIUNEA CIGRE 1988
LISTA SUBIECTELOR PREFERENŢIALE

Grupa 11. MAŞINI ROTATIVE

1. Noi dezvoltări în proiectarea maşinilor electrice şi evaluarea lor în exploatare. Aceste dezvoltări pot fi legate de aplicarea acţionărilor cu viteză variabilă. Această temă poate, de asemenea, să includă noi tipuri de maşini, ca, de exemplu, cele supraconductoare şi influenţa tehnicilor de calcul avansate în proiectare.

2. Managementul vieţii, incluzând diagnoza, evaluarea duratei de viaţă reziduale, reabilitarea şi creşterea performanţelor.

Sesiune comună cu grupa 37

Dezvoltarea producţiei şi impactul acesteia asupra reţelelor electrice, incluzând performanţe tehnice/economice şi evoluţia viitoare a mijloacelor de producţie.

Grupa 12. TRANSFORMATOARE

1. Transformatoare de măsură : proiectare, fabricare, testare, performanţe în exploatare, întreţinere şi reparaţie şi condiţii de funcţionare ale transformatoarelor de măsură convenţionale şi neconvenţionale.

2. Managementul vieţii la transformatoarele de putere şi bobine de reactanţă: analiza defecţiunilor, urmărire şi diagnosticare, reabilitare şi procesare.

3. Dezvoltarea de noi concepţii şi noi tehnologii pentru a răspunde cerinţelor pieţei.

Grupa 13. APARATE DE COMUTAŢIE

1. Aparate de comutaţie noi şi de substituţie: proceduri şi filozofii pentru înaltă şi medie tensiune:

- comutare controlată, experienţă de exploatare;
- posibilităţi şi experienţă privind reabilitarea;
- îmbunătăţiri majore ale întrerupătoarelor, ale mecanismelor de acţionare şi ale circuitelor auxiliare;
- echipamente cu funcţii combinate, "line backers", "circuit switchers";
- folosirea întrerupătoarelor ca separatoare, separatoare şi întrerupătoare speciale, aplicaţii speciale;
- filozofia pentru aplicarea de aparataje de comutaţie noi şi de substituţie.

2. Experienţa din sistem privind performanţele întrerupătoarelor şi limitări ale normelor existente :

- comutarea bateriilor de condensatoare/filtre;

- încercări privind durata de viaţă;
- încercări combinate;
- baza pentru deciziile privind sfârşitul vieţii;
- durata lungă între funcţionări;
- degradarea performanţelor datorită diferitelor solicitări;
- calificarea întrerupătoarelor vechi;
- limitări ale normelor actuale.

Grupa 14. LEGĂTURI ÎN CURENT CONTINUU LA ÎNALTĂ TENSIUNE (HVDC) ŞI ECHIPAMENTE ELECTRONICE DE PUTERE ÎN CURENT ALTERNATIV

1. Proiecte HVDC şi FACTS :
- studii de fezabilitate;
- comandă-control;
- concepţie de proiectare;
- experienţă de punere în funcţiune şi exploatare;

2. Aplicaţii ale CC şi FACTS pentru electrificări rurale

3. Tehnologii electronice de putere pentru reţele de repartiţie şi/sau distribuţie (putere pe măsură).

Grupa 15. MATERIALE PENTRU ELECTROTEHNOLOGII

1. Progrese în domeniul controalelor şi diagnozelor la izolaţii. Tehnici. Senzori incluzând materiale inteligente. Experienţa decidenţilor, incluzând cea referitoare la "necesitatea unei atenţii speciale", "un pericol în curs de dezvoltare" sau "detectarea defectului". Considerente economice.

2. Modele pentru îmbătrânire pentru materiale izolante la înaltă tensiune, incluzând şi estimarea duratei de viaţă restante. Aplicaţii la izolaţia gazoasă, lichidă şi solidă (modele de îmbătrânire şi experienţa de exploatare pentru amestecuri gaz/gaz şi pentru condensatoare cu film de ulei ; compararea modelelor de îmbătrânire a uleiului-hârtie pentru cabluri, transformatoare, condensatoare şi izolatoare de trecere). Aplicaţie la noi materiale şi la proiectare.

3. Progrese în dezvoltarea materialelor izolante, incluzând aspecte referitoare la performanţe şi probleme economice.

Exemple :
- izolaţia extrudată supusă la solicitări mari ; conductoare emailate rezistente la efect corona şi izolaţia compozită avansată pentru izolatoare de exterior;
- efecte ale sarcinilor spaţiale la izolaţii în sisteme de curent alternativ şi continuu. Măsurarea sarcinilor spaţiale;
- efecte în izolaţia în masă, la interfaţă (de exemplu : joncţiuni şi extremităţi ale cablurilor extrudate) şi pe suprafeţe (de exemplu: distanţoare în SF_6 , izolatoare exterioare).

Grupa 21. CABLURI IZOLATE DE ÎNALTĂ TENSIUNE

1. Cabluri de înaltă şi foarte înaltă tensiune cu izolaţie extrudată.

2. Noi tehnici pentru transport subteran cu cabluri (tehnici de pozare şi instalare, tehnici de control şi de diagnostic, cabluri supraconductoare, cabluri izolate cu gaz (GIC) etc.).

3. Sisteme de cabluri electrice submarine de înaltă tensiune.

Sesiune comună cu grupele 23 şi 33

Coordonarea izolaţiei legăturilor izolate cu gaz şi a echipamentelor accesorii ; tehnici pentru stabilirea condiţiilor de izolaţie în exploatare ; schimb de experienţă.

Grupa 22. LINII ELECTRICE AERIENE

1. Urmărirea "on-line" a efectelor mediului asupra liniilor electrice aeriene şi a componentelor lor : vânt, chiciură, temperatură, trăsnet, vibraţii, oboseală, coroziune, poluare, îmbătrânire, fluajul şi săgeata conductorului.

2. Creşterea capacităţii şi/sau disponibilităţii la liniile electrice aeriene existente : renovarea, reabilitarea, întărirea şi aducerea la nivel ; încărcarea la limita termică în timp real, repunerea în funcţiune în caz de urgenţă, bănci de date asupra indisponibilităţilor neprogramate, inspecţia şi repararea liniilor sub tensiune.

Sesiune comună cu grupele 33 şi 36 :

1. Evoluţia concepţiei liniilor aeriene şi a componentelor lor pentru adaptarea la constrângeri de mediu : atenuarea impactului vizual, reducerea zgomotului şi a câmpului electromagnetic, linii aeriene compacte.

2. Criterii recente la proiectarea liniilor aeriene pentru adaptarea la exigenţele tehnice pentru lucrul sub tensiune, pentru întreţinerea izolatoarelor şi spălarea acestora.

Grupa 23. STAŢII

1. Influenţa mediului comercial în schimbare şi a tendinţelor tehnologice asupra evoluţiei staţiilor, cu accent special asupra :

- creşterii performanţelor noilor staţii, de exemplu prin simplificări, prin utilizarea de echipament compact/transportabil, prin folosirea de noi tehnologii ;

- îmbunătăţirea pe întreaga durată de viaţă a folosirii staţiilor existente de exemplu prin extinderea duratei de viaţă datorită renovării sistemelor primare sau/şi secundare, a aducerii la nivel, a întăririi acestora.

2. Satisfacerea practică a exigenţelor de compatibilitate cu mediul şi de acceptabilitate publică. Colectarea, reutilizarea şi/sau neutralizarea deşeurilor, limitarea zgomotelor, limitarea impactului vizual utilizând de exemplu modelele tridimensionale etc.

Sesiune comună cu grupele 21 şi 23 :

Coordonarea izolaţiei legăturilor izolate cu gaz şi a echipamentelor accesorii : Tehnici pentru stabilizarea condiţiilor de izolaţie în exploatare ; schimb de experienţă.

Sesiune comună cu grupele 37 şi 39 :

Exploatarea şi planificarea în contextul îmbătrânirii instalaţiilor. Criterii, tehnici de alegere şi structuri. Gestiunea ciclului de viaţă şi întreţinerea centrelor de comandă-control şi a instalaţiilor din reţele. Impactul renovării, aducerii la nivel şi întăririi echipamentelor.

Grupa 33. COORDONAREA IZOLAŢIEI REŢELELOR ELECTRICE

1. Revederea practicilor de coordonare a izolaţiei în lume : corelarea cu experienţa de exploatare, consecinţele asupra optimizării tehnico-economice ; tendinţe de evoluţie aşteptate.

2. Asigurarea calităţii în încercarea echipamentelor şi componentelor de înaltă tensiune; schimb de experienţă privind acreditarea laboratoarelor de încercări de înaltă tensiune şi de mare putere; evaluarea şi gestiunea incertitudinilor; calibrarea şi trasabilitatea măsurătorilor; alţi factori referitori la calitate ; schimb de experienţă asupra reducerii costurilor şi îmbunătăţirii eficienţei în funcţionare ; progresul în standardizare.

3. Utilizarea descărcătoarelor cu oxizi metalici pentru coordonarea izolaţiei liniilor aeriene, cu referire specială la compactare şi la aducerea la nivel şi cu referire la solicitările asupra descărcătoarelor, la necesităţi de încercări şi la experienţa de exploatare.

Sesiune comună cu grupele 21 şi 23 :

Coordonarea izolaţiei legăturilor izolate cu gaz şi a echipamentelor accesorii ; tehnici pentru exaluarea condiţiilor de izolare în exploatare; schimbul de experienţă.

Sesiune comună cu grupele 22 şi 36 :

1. Evoluţia concepţiei liniilor aeriene şi a componentelor lor pentru adaptarea la cerinţele de mediu: reducerea impactului vizual, reducerea zgomotului şi a câmpului electromagnetic, linii aeriene compacte.

2. Criterii recente la proiectarea liniilor aeriene pentru adaptarea la cerinţele tehnicilor de lucru sub tensiune, de întreţinere a izolatoarelor şi de spălare a izolatoarelor.

Grupa 34. PROTECŢIA REŢELELOR ELECTRICE ŞI COMANDĂ LOCALĂ

1. Concepţia actuală şi viitoare privind protecţia şi comanda staţiilor :

- structurile şi reţelele de comunicaţie;
- sisteme integrate - până unde se poate merge?
- interfaţa om-maşină şi practici de exploatare;
- referinţe temporare aplicate şi utilizarea metodelor de eşantionare sincronizate;
- dezvoltarea şi aplicarea sistemelor inteligente.

2. Impactul dereglementării structurii sistemelor electrice asupra practicilor în materie de protecţie şi comandă-control local :

- coordonarea cu producătorii independenţi (IPP);
- aspecte ale siguranţei sistemului;
- stabilirea filozofiilor comune în materie de protecţie;
- conflictul între planurile de protecţie şi cele de comandă-control datorită necesităţilor diferite privind performanţele;
- practici în domeniul reanclanşării automate, resincronizării şi repunerii în funcţiune;
- proprietăţi separate ale activelor;
- schimbări în filozofiile şi practicile de control şi întreţinere;
- performanţe în funcţionare în timpul perturbaţiilor majore.

Grupa 35. TELECOMUNICAŢII ŞI TELECOMANDA REŢELELOR ELECTRICE

1. Sisteme pentru a face faţă la dezastre, incluzând conceptele de comandă de rezervă:

- concepţia şi schimbul de experienţă privind sistemele de transmisiuni, de telecomunicaţii pentru a face faţă şi a ajuta la repunerea în funcţiune după un dezastru natural;
- proiecte şi realizări de sisteme de siguranţă şi rezervă semnificative pentru centre de comandă

şi conducere, incluzând problema salvării bazelor de date.

2. Impactul tehnologiei "internet":

- posibilităţi de a face să coexiste tehnologia "internet" cu tehnologiile telecomunicaţiilor existente;
- posibilităţi pentru aplicaţiile în timp real incluzând teleconducerea şi teleprotecţiile.

3. Discuţii asupra armonizării între interfaţa de informaţii a protecţiilor şi cea a teleconducerii :

- comentariul se poate referi între altele la diferite noi norme (de exemplu CEI 870-5-101 etc.) pentru recunoaşterea modurilor diferite în care sunt identificate elementele specifice în diferite norme.

Grupa 36. COMPATIBILITATEA ELECTROMAGNETICĂ A REŢELELOR ELECTRICE

1. Calitatea alimentării ţinând cont de consumuri eficiente de energie şi de producţia descentralizată (acţionări cu viteză variabilă, balasturi electronice, sisteme fotovoltaice etc.).

2. Gestiunea câmpului electric şi magnetic produs de reţele.

3. Impactul posibil al noilor norme în materie de CEM asupra concepţiei şi exploatării reţelelor.

Sesiune comună cu grupele 22 şi 33

1. Evoluţia concepţiei liniilor aeriene şi a componentelor lor pentru adaptarea la cerinţele de mediu: reducerea impactului vizual, reducerea zgomotului şi a câmpurilor electromagnetice, linii aeriene compacte.

2. Criterii recente la proiectarea liniilor aeriene pentru a se adapta la cerinţele tehnicilor de lucru sub tensiune, la întreţinerea izolatoarelor şi la spălatul sub tensiune al acestora.

Grupa 37. CONCEPŢIA ŞI DEZVOLTAREA SISTEMELOR ELECTRICE

1. Căi pentru asigurarea adecvării producţiei viitoare pentru fiabilitatea furnizării într-o industrie de furnizare a energiei electrice, dereglementată, bazată pe economia de piaţă.

2. Concepţia şi dezvoltarea reţelelor de transport şi interconexiune, alimentarea marilor oraşe cu creştere rapidă.

Sesiune comună cu grupa 11

Dezvoltarea producţiei şi impactul acesteia asupra reţelelor electrice, incluzând performanţe tehnice/economice şi evoluţia viitoare a mijloacelor de producţie.

Sesiune comună cu grupele 23 şi 39

Expoatarea şi planificarea în contextul îmbătrânirii instalaţiilor. Criterii, tehnici de alegere şi structuri. Gestiunea ciclului de viaţă şi întreţinerea centrelor de comandă-control şi a instalaţiilor din reţele. Impactul renovării, al aducerii la nivel şi al întăririi echipamentelor.

Grupa 38. ANALIZĂ ŞI TEHNICI ÎN SISTEME ELECTRICE

1. Starea actuală şi tendinţe viitoare pentru o mai bună exploatare a reţelelor de transport prin utilizarea capacităţilor dinamice ale echipamentelor şi strategiilor de comandă-control.

2. Metode noi pentru analiza şi evaluarea sistemelor electrice într-un mediu de piaţă deschisă.

3. Metode şi modele pentru evaluarea impactului producţiei descentralizate şi al DSM asupra planificării şi exploatării sistemelor electrice.

Grupa 39. EXPLOATAREA ŞI CONDUCEREA SISTEMELOR ELECTRICE

1. Cum să fie exploatate sistemele electrice mai aproape de limitele lor şi cum să se proiecteze identificarea în timp real şi tehnicile de vizualizare?

Cum să se cuantifice criteriile de siguranţă în exploatare, cum sunt avariile credibile, riscurile acceptate şi cum să se definească procedurile pentru acţiuni în caz de urgenţă şi la repornire după avarii?

2. Cum să se împace confidenţialitatea şi disponibilitatea datelor tehnice şi comerciale într-o lume liberalizată? Rolul gestionărilor sistemului referitor la managementul siguranţei sistemului, la planificarea funcţionării şi la programarea şi funcţionarea pieţei, ţinând seama de numărul actorilor, dezintegrare şi reglementare.

Sesiune comună cu grupele 23 şi 37

Exploatarea şi planificarea în contextul îmbătrânirii instalaţiilor. Criterii, tehnici de alegere şi structuri. Gestiunea duratei de viaţă şi întreţinerea cerinţelor de comandă-control şi a instalaţiilor din reţele. Impactul renovării şi aducerii la nivel şi a întăririi echipamentelor.

CONTENTS

CONSTANTIN BUNESCU, LIA BEJUSCU: Round table "Network Theory. New Concepts 3

SEBASTIAN IONESCU, GHEORGHE MORAITE, ŞTEFANIA VELICU, MARIA BOTGROS, OCTAVIAN GHEORGHE, BOGDAN MINTEANSCHI, MIOARA GHEORGHE: Method for the assessment of the maximum transmission power capacity of the NPS grid 4

MARIA TUDOSE, SORIN PĂTRĂŞCOIU, LIA BEJUSCU, MUGUR ARALD TUDOSE: Combined method of assessment of the transient stability at the first oscillation in case of three-phase shorcircuits on the high-voltage buses of the power plants 9

SEBASTIAN IONESCU, ŞTEFANIA VELICU, MARIA BOTGROS, VERONICA TETELBAUM, OCTAVIAN GHEORGHE, BOGDAN MINTEANSCHI : Reactive power. Static compensation systems modelling based on the programs for the computation of stability to small perturbations and transient stability 16

POMÂRLEANU MARIUS, LIA BEJUSCU: The establishment of the necessary field of observation in the view of selecting the dispatcher information system structure 27

MANFRED STEIN, CHRISTIANA BĂRBULESCU, ANA VÂLCEREANU, ALEXANDRU MOLNAR: Analytical methods for the reliability centered maintenance of the electric networks 32

THEODOR MICLESCU, JEAN CONSTANTINESCU, GABRIEL BAZACLIU, VIRGIL DUMBRAVĂ: A case of dynamic programming application: the development of the power system network 38

INFORMATION

CĂLIN MIHĂILEANU: From the Romanian National Committees of CIGRE 43

DE PERSONIS 31

SOMMAIRE

CONSTANTIN BUNESCU, LIA BEJUSCU: La table ronde . "La theorie des réseaux. Des concepts nouveaux" 3

SEBASTIAN IONESCU, GHEORGHE MORAITE, ŞTEFANIA VELICU, MARIA BOTGROS, OCTAVIAN GHEORGHE, BOGDAN MINTEANSCHI, MIOARA GHEORGHE: Une méthode pour la détermination de la capacité maximum de transport du réseau du Système Energétique National 4

MARIA TUDOSE, SORIN PĂTRĂŞCOIU, LIA BEJUSCU, MUGUR ARALD TUDOSE: Une méthode hybride pour estimer la stabilité transitoire lors de la première oscillation dans le cas des court-circuits triphasés aux barres à haute tension des centrales électriques 9

SEBASTIAN IONESCU, ŞTEFANIA VELICU, MARIA BOTGROS, VERONICA TETELBAUM, OCTAVIAN GHEORGHE, BOGDAN MINTEANSCHI: La modélisation des systèmes de compensation statique de la puissance réactiv à l'aide des logiciels de la stabilité lors des perturbations faibles et aussi de la stabilité transitoire 16

POMÂRLEANU MARIUS, LIA BEJUSCU: La détermination du domaine d'observation du réseau extérieur afin de choisir la structure du système informatique du dispatcher 27

MANFRED STEIN, CHRISTIANA BĂRBULESCU, ANA VÂLCEREANU, ALEXANDRU MOLNAR: Méthodes analytiques d'optimisation basées sur la fiabilité de la maintenance dans les réseaux électriques 32

THEODOR MICLESCU, JEAN CONSTANTINESCU, GABRIEL BAZACLIU, VIRGIL DUMBRAVĂ: Un exemple d'utilisation de la programmation dynamique: le développement du réseau du système energétique 38

INFORMATIONS

CĂLIN MIHĂILEANU: De la part du Comité National Roumaine CIGRE 43

DE PERSONIS 31

INHALT

CONSTANTIN BUNESCU, LIA BEJUSCU: Gespräch am runden Tisch "Die Theorie der elektrischen Netze. Neue Netzkonzepte" 3

SEBASTIAN IONESCU , GHEORGHE MORAITE, TEFANIA VELICU , MARIA BOTGROS, OCTAVIAN GHEORGHE , BOGDAN MINTEANSCHI : Methode zur Bestimmung des maximalen Übertragungsvermögens des Nationalen Verbundsystems 4

MARIA TUDOSE, SORIN PĂTRĂŞCOIU, LIA BEJUSCU, MUGUR ARALD TUDOSE: Ein Hybridverfahren zur Bewertung der transienten Stabilität bei der ersten Schwin-gung im Falle eines Dreiphasenkurzschlusses an der HS - Schienen der KW 9

SEBASTIAN IONESCU, ŞTEFANIA VELICU, MARIA BOTGROS, VERONICA TETELBAUM, OCTAVIAN GHEORGHE , BOGDAN MINTEANSCHI: Die Modellierung der Systeme zur statischen Kompensation der Blindleistung im Rahmen der Rechenprogramme der Stabilität bei Kleinen Störungen und der transienten Stabilität 16

MARIUS POMÂRLEANU, LIA BEJUSCU : Die Bestimmung des erforderlichen Übersichtlichkeitsfeldes im Aussennetz zur Festlegung der Struktur des Lastverteiler - Datensystems 27

MANFRED STEIN, CHRISTINA BARBULESCU, ANA VÂLCEREANU, ALEXANDRU MOLNAR : Analytische Optimierungsmethoden aufgrund der Zuverlässigkeit der Instandhaltung elektrischer Netze 32

THEODOR MICLESCU, JEAN CONSTANTINESCU, GABRIEL BAZACLIU, VIRGIL DUMBRAVĂ: Ein Anwendungsfall der dynamischen Programmierung : die Netzentwicklung des Elektroenergiesystems 38

INFORMATIONEN 43

CĂLIN MIHĂILEANU: Vom rumänischen National-Ausschuß der CIGRE

DE PERSONIS 31

ORSZÁGOS KÖZPONTI KÖNYVTÁR 1883

СОДЕРЖАНИЕ

КОНСТАНТИН БУНЕСКУ, ЛИА БЕЖУСКУ: Круглый стол "Теория сетей. Новые решения" 3

СЕБАСТИАН ИОНЕСКУ, ГЕОРГЕ МОРАИТЕ, ШТЕФАНИА ВЕЛИКУ, МАРИА БОТГРОС, ОКТАВИАН ГЕОРГЕ, БОГДАН МИНТЕАНСКИ, МИОАРА ГЕОРГЕ : Метод определения максимальной ёмкости передачи сети Национальной Энергетическоя Системы (НЭС) 4

МАРИА ТУДОСЕ, СОРИН ПЭТРЭШКОЮ, ЛИА БЕЖУСКУ, МУГУР АРАЛД ТУДОСЕ : Гибридный метод оценки стабильности к первому колебанию в случае трехфазного короткого замыкания на шины высокого напряжения электрических станции 9

ИОНЕСКУ СЕБАСТИАН, ШТЕФАНИА ВЕЛИКУ, МАРИА БОТГРОС, ВЕРОНИКА ТЕТЕЛБАУМ, ОКТАВИАИ ГЕОРГЕ, БОГДАН МИНТЕАНСКИ : Моделирование системы управнивания реактивной мощности в программах вычисления устойчивости к маленьким помехам и переходной стабильности 16

МАРИУС ПОМЫРЛЕАНУ, ЛИА БЕЖУСКУ: Установление нужной области наблюдения для внешней сети с целью выбора структуры информационной системы диспетчера 27

МАНФРЕД ШТЕИН, КРИСТИАНА БЭРБУЛЕСКУ, АНА ВЫЛЧЕРЕАНУ, АЛЕКСАНДРУ МОЛНАР: Аналитические методы оптимизации основанные на надёжности обслуживания электрических сетей 32

ТЕОДОР МИКЛЕСКУ, ЖЕАН КОНСТАНТИНЕСКУ, ГАБРИЕЛ БАЗАКЛИУ, ВИРДЖИЛ ДУМБРАВЭ: Одной случай применения динамического программирования : развитие сети энергетической системы 38

ИНФОРМАЦИИ

КЭЛИН МИХЭИЛЕАНУ : От Румынского Национального Комитета CIGRE 43

DE PERSONIS 31

Redacţia revistei **ENERGETICA** anunţă cititorii şi colaboratorii că îşi pot reînnoi abonamentul anual. Începând cu anul 1997, revista Energetica nu mai apare în două serii. Preţul unui abonament (12 numere/an), incluzând şi **Buletimul Informativ pentru Energetică,** este de 132 000 lei. Pentru pensionari şi studenţi preţul abonamentului este de 20 000 lei. C/V abonamentului se va achita în contul GSCI - CIDE nr. 30 11 8 01 01 - BCR, filiala sector 3, Bucureşti.

COMANDĂ FERMĂ
ABONAMENT

Către,
Grupul de Studii, Cercetare şi Inginerie
Centrul de Informare şi Documentare pentru Energetică
B-dul Energeticienilor nr. 8, sector 3, 79619 Bucureşti

Societatea Comercială_____
cu sediul în_____str._____
nr._____bl._____ap._____sector/judeţ_____
Telefon_____fax_____
Cod Fiscal_____Nr. înreg.la Reg. Com._____
Cont_____
Deschis la Banca_____
dorim să ne abonăm pentru anul 1997 la revista ENERGETICA.
În acest sens v-am remis ordinul de plata (fila CEC) nr._____
din_____, în valoare_____lei, reprezentând_____% din contravaloarea abonamentului.
Suntem de acord cu plata diferenţelor în cazul în care preţul publicaţiei la care am făcut abonament suportă modificări, în funcţie de nivelul inflaţiei.

Director general,

Director economic,
(Contabil-şef)

Regia Autonomă de Electricitate Romania RENEL

Grupul de Studii, Cercetare şi Inginerie

Bd. Energeticienilor 8, 79619 Bucureşti, Romania
tel. 401 321 6966, 401 323 6730, fax 401 321 1010
e-mail: cide@cci. vsat. ro, telex: 10783 gsci r
Cont bancar: 30.11.8.01.01 BCR fil. sect. 3, Bucureşti

CIDE - CENTRUL DE INFORMARE ŞI DOCUMENTARE ENERGETICĂ
tel.: 321.69.66/307; 323.67.30/235; fax.: 321.10.10

Serviciul Documentare
tel. 321 69 66/ 149

Serviciul Editură
tel. 323 67 30/ 144

Serviciul Tipografie
tel. 323 67 30/ 287

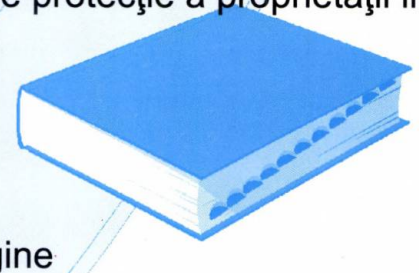
Serviciul Arhivare şi Protecţia Proprietăţii Intelectuale
tel. 321 69 66/ 245 şi 288

PRINCIPALELE ACTIVITĂŢI

- Conceperea şi coordonarea sistemului de activităţi de informare documentară în conformitate cu strategia RENEL.
- Selectarea, analizarea, prelucrarea şi diseminarea informaţiilor din domeniul energiei.
- Administrarea bazei de date bibliografice SIDEnerg.
- Realizarea de cercetări bibliografice şi sinteze documentare pe teme date.
- Elaborarea, redactarea şi editarea de publicaţii primare sau secundare.
- Efectuarea de traduceri prelucrate şi retroversiuni.
- Asigurarea de servicii editoriale, de tipografie şi fotomultiplicare.
- Asigurarea serviciului de arhivare şi de protecţie a proprietăţii intelectuale.

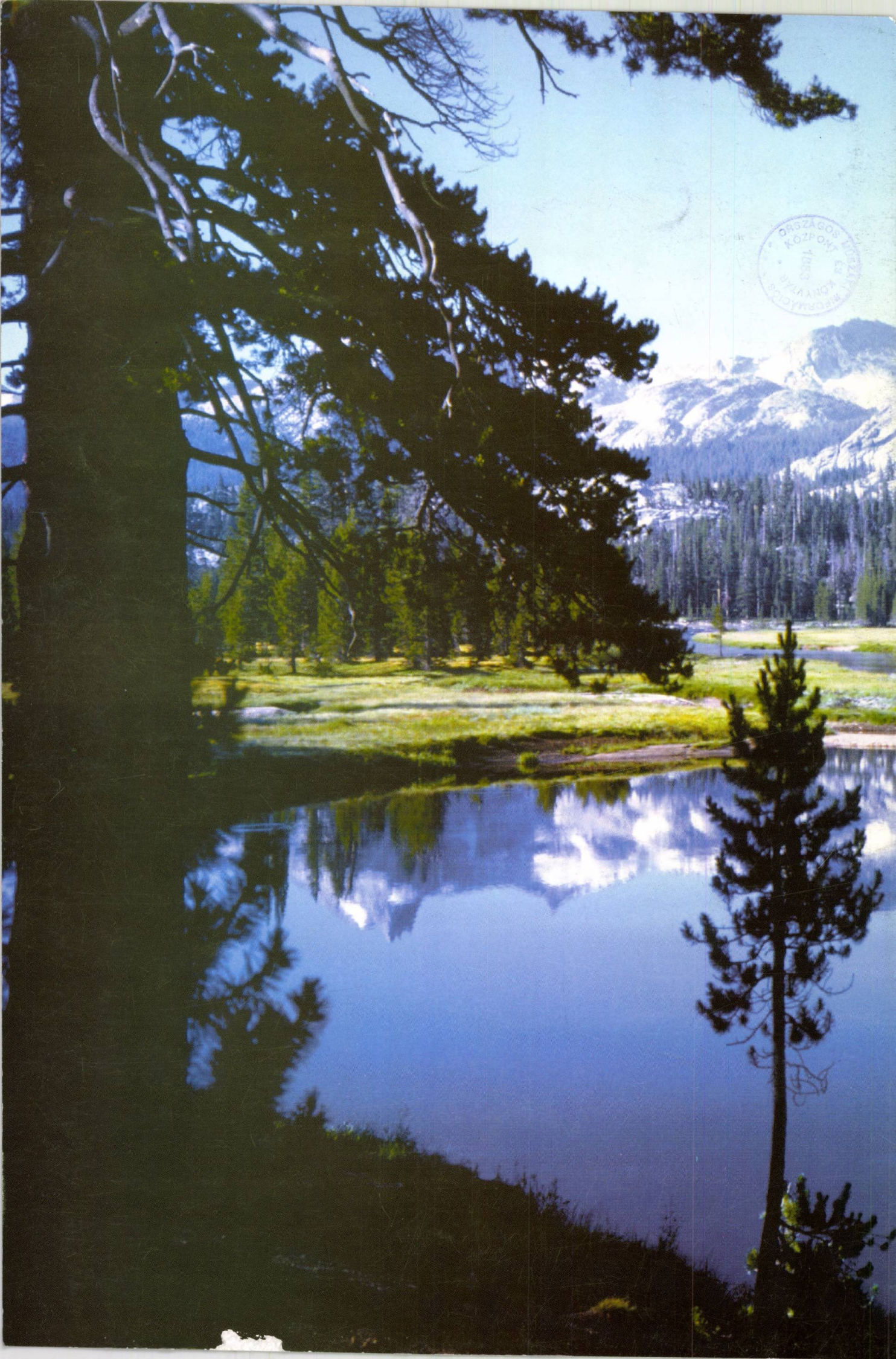
CIDE VĂ OFERĂ

- Cercetări bibliografice pe teme date
- Traduceri prelucrate şi retroversiuni
- Servicii de împrumut bibliotecar
- Servicii de tipografie şi xerografiere
- Procesare computerizată, text şi imagine
- Publicaţii: Energetica
  Producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice şi termice
  Securitatea muncii
  Buletin informativ pentru energie
  Normative energetice



100 % INFORMAŢIE

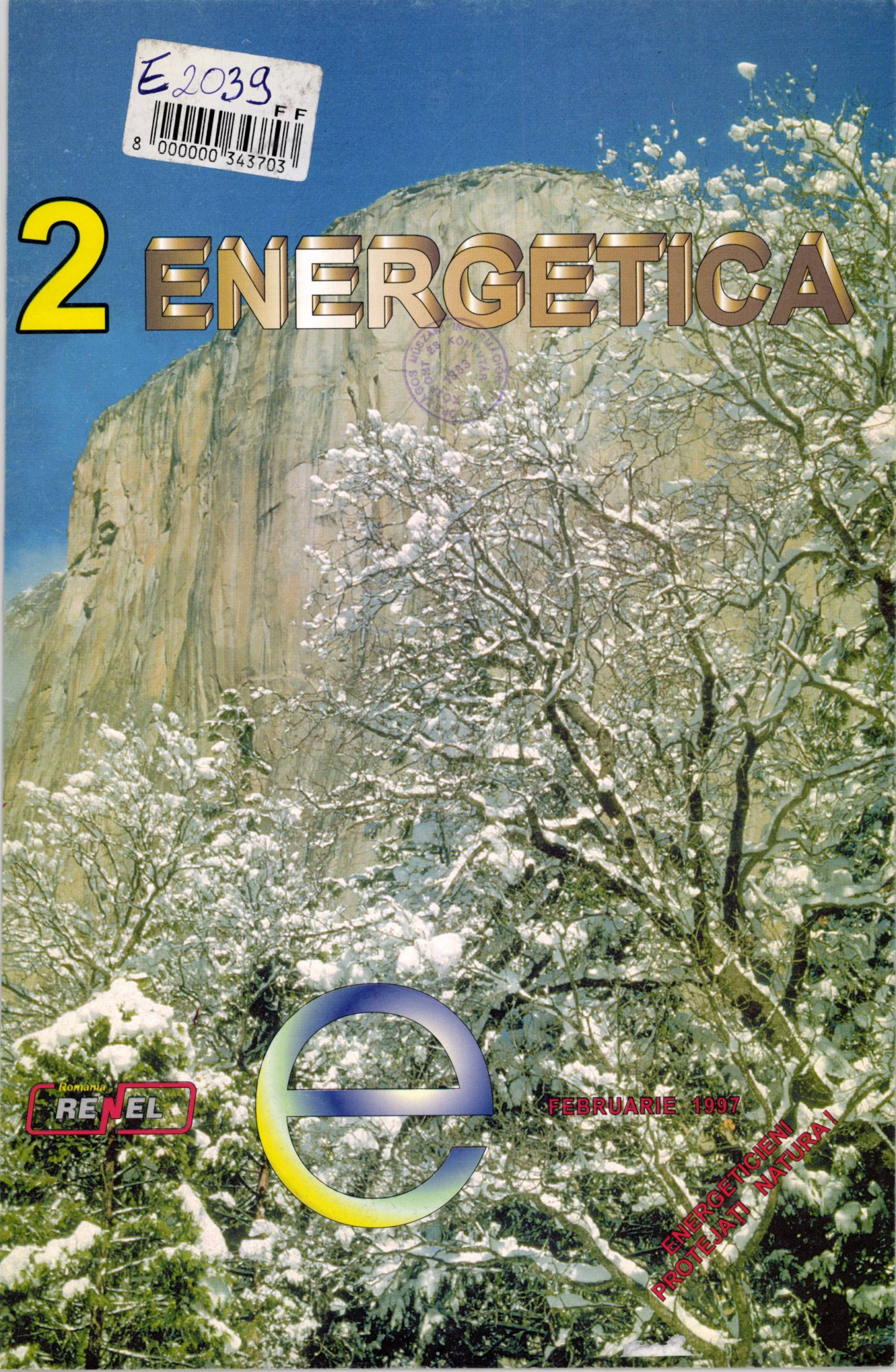
CIDE



E 2039
FF
8 000000 343703

2 ENERGETICA

MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR 1983

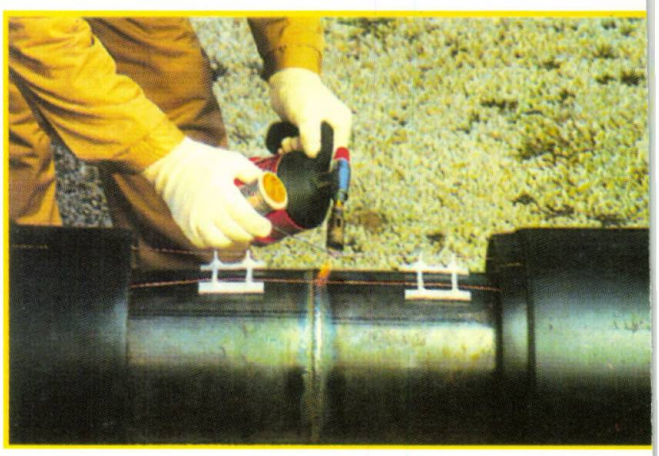


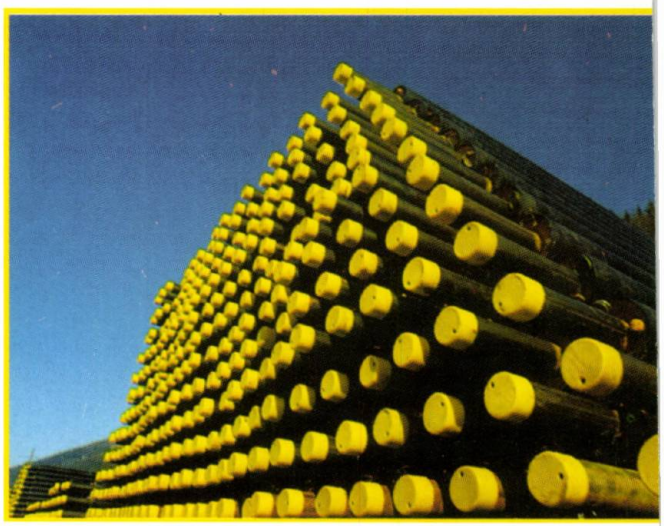
Romania RENEL

e

FEBRUARIE 1997

ENERGETICIENI PROTEJATI NATURA!





BAZA DEZVOLTĂRII DINAMICE A FIRMELOR O CONSTITUIE TEHNOLOGIA PERFECTĂ ŞI REÂNNOIREA CONTINUĂ A CAPACITĂŢILOR.

Coturile, ramificaţiile în T, vanele, reperele fixe şi elementele de compensare sînt preizolate în fabrică şi pot fi montate la faţa locului pe sistemul complet de conducte împreună cu ţevile de 6, 12 şi 18 metri.

Sistemul Isoplus se autocontrolează. Sistemul încorporat de verificare a umidităţii controlează fiecare centimetru de pe traseu şi semnalează imediat orice avarie.

Direcţia principală a cercetărilor şi dezvoltărilor sistemului Isoplus este perfecţionarea tehnologiei de montare. Scopul nostru este ca sistemul de conducte Isoplus să poată fi montat cu minime cheltuieli în condiţiile concrete de la faţa locului şi să fie maxim supravegheat în timpul exploatării.

SISTEM CU MANTA DE POLIETILENĂ PÂNĂ LA 142° C

Isoplus Fernwärmetechnik GmbH.
Glückauf str. 34, Industriepark 34.
D-99706 Sondershausen
Telefon: 00 49 36 32 59 750
Fax: 00 49 36 32 59 754

Isoplus Fernwärmetechnik Ges. mbH.
Furthofer str. 1a
A-3192 Hohenberg
Telefon: 00 43 27 67 72 21
Fax: 00 43 27 67 72 20

Isoplus Távhóvezetékgyártó Kft.
Kunigunda u. 45.
H-1037 Budapest III.
Telefon: 00 36 12 50 44 40
Fax: 00 36 12 50 43 39

Isoplus-eop s.r.o.
Elektrárna Opatovice
532 13 Pardubice 2
Telefon: 00 42 40 94 554
Fax: 00 42 40 94 204

Isoplus Romania S.R.L.
Conducte Preizolate
3700 Oradea
Str. Uzinelor nr. 10.
Tel./Fax: 00 4 0 59 44 65 88

ORSZÁGOS KÖZPONT MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

ENERGETICA e ®1996

REVISTA DE SPECIALITATE A ENERGETICIENILOR DIN ROMÂNIA

ISSN: 1220 - 5133

ANUL 45 Nr.2 FEBRUARIE 1997

Include şi Buletinul Informativ pentru Energetică

EDITOR: Regia Autonomă de Electricitate - **RENEL**
Grupul de Studii, Cercetare şi Inginerie - **GSCI**
Centrul de Informare şi Documentare Energetică - **CIDE**
B-dul Energeticienilor nr.8, sector 3, Bucureşti, cod 79.619
tel: 323.95.52
323.6730/235
fax: 323.95.52
e-mail: cide@cci. vsat. ro
telex: 10783 gsci r

COLEGIUL DE REDACŢIE

BIROUL: ing. Vasile RUGINĂ - redactor-şef; dr. ing. Jean CONSTANTINESCU - redactor-şef adjunct; prof. dr. ing. Dumitru Cezar IONESCU - redactor-şef adjunct; dr. ing. Eugeniu PAVEL; ing. Radu OPINCARU; ing. Ion CONECINI; ing. Vladimir CONSTANTINESCU; conf. dr. ing. Virgil MUŞATESCU ; ing. Dan GHEORGHIU; ing. Nicolae NICULESCU; dr. ing. Ioan GANEA

MEMBRI: prof. dr. ing. Florin ALEXE; ing. Ovidiu APOSTOL; prof. dr. ing. Victor ATHANASOVICI; prof. dr. ing. Adrian BADEA ; prof. dr. ing. Cornel BIANCHI; ing. Paul CARTIANU; ing. Mircea CÂRDU; ing.Radu CONSTANTIN; prof. dr. ing. Dorin CRISTESCU; prof. dr. ing. Nicolae DĂNILĂ; dr. ing. Laurenţiu GOIA; prof dr. ing. Nicolae GOLOVANOV ; prof. dr. ing. Dumitru IVAS; prof. dr. ing Aureliu LECA; dr. ing. Gheorghe LUCA; dr. ing. Magdalena MATEI; ing. Cornel MOŢIU; prof. dr. ing. Constantin NEAGA; prof. dr. ing. Mircea NEMEŞ; prof. dr. ing. Valeriu NISTREANU; ing. Cornel PĂSLARU; prof. dr. ing. Alexandru POEATĂ; dr. ing. Marius POMÂRLEANU; prof. dr. ing. Florin POP; dr. ing. Teodor POPA; dr. ing. Anca POPESCU; ing. Miron POPESCU; conf. dr. ing. Petre POSTOLACHE; dr. ing. Dan Ion PREDOIU; ing. Radu REGMAN; ing. Gabriel ROMAŞCU; ing. Anton ROŞU ; ing. Margarios SALGIAN; ing. Alexandru SĂNDULESCU; ing. Emilian SIMIAN; ing. Cristian TOTOLO; ing. Anton VLĂDESCU;

REDACTOR: Ana Maria CHIVU (tel. 321 69 66/149)

INFORMAŢII, ABONAMENTE, PUBLICITATE

Maria Tomescu (tel. 323 67 30/143)
Silvia Romanescu (tel: 323 67 30/143)
DIFUZARE: *Adela Popescu* (tel: 323 67 30/188)

Abonamentele se pot face prin dispoziţie de plată sau mandat poştal trimis pe adresa editorului. Se pot face abonamente şi cu plata direct la sediul editorului. Cititorii din străinătate se pot abona prin achitarea c/v abonamentului (120 $) în contul editorului .

CONT BANCAR: 30.11.8.01.01. BCR Filiala sector 3, Bucureşti (lei)
472171611010 (valută)

TIPAR:CIDE - Serviciul Tipografie.

©Toate drepturile asupra acestei publicaţii sunt rezervate editorului. Orice reproducere, integrală sau parţială prin indiferent ce mijloace, a materialelor apărute în paginile publicaţiei se poate face numai cu aprobarea editorului. Sunt autorizate numai citările incluse în lucrări ştiinţifice sau în alte volume, cu precizarea sursei. Opiniile exprimate în articolele publicate în revistă aparţin autorilor şi nu reflectă în mod obligatoriu punctul de vedere al editorului. Orice persoană juridică sau fizică a cărei acţiune este în concordanţă sau în contradicţie cu opiniile exprimate în materialele publicate îşi asumă riscurile urmărilor, editorul şi autorii neavând nici o răspundere.

Număr special "Creşterea eficienţei de utilizare a energiei electrice şi termice. Tehnologii electrice de utilizare a energiei"

CUPRINS

VASILE RUGINĂ: Masa rotundă "Creşterea eficienţei de utilizare a energiei electrice şi termice. Tehnologii electrice de utilizare a energiei" 51

STEVEN FAWKES: Managementul energetic pentru întreprinderi şi importanţa managerilor energetici 52

ŞTEFAN MARIN, DOINA HOTOPELEANU, GEORGETA NEAGOE: Evaluarea potenţialului de conservare a energiei în cazul marilor consumatori industriali. Posibilităţi de valorificare 64

CARMEN GOLOVANOV, TUDOR ANTOHI, GHEORGHE LUPŞA: Sisteme AMR (Automatic Meter Reading): prelevarea automată şi procesarea datelor de gestiune a puterii şi energiei electrice 74

TEODOR POIATĂ, GHEORGHE CÎRŢÎNĂ: Consideraţii privind metodologia de evaluare a eficienţei folosirii turaţiei variabile în acţionările instalaţiilor de pompe şi compresoare 84

INFORMAŢII

OVIDIU ŢUŢUIANU: Efectele câmpurilor electrice şi magnetice asupra sănătăţii, în atenţia UNIPEDE 91

Our review publishes ADVERTISMENTS for your PRODUCTS, TECHNOLOGIES, SERVICES, etc.

Please, contact us at the address:
Revista ENERGETICA
GSCI, B-dul Energeticienilor nr.8,
Bucureşti III, RO 79619
Phone : (401)321 69 66/149
Fax: (401)321 10 10
Telex: 10783

Editat cu sprijinul Ministerului Cercetării şi Tehnologiei - Colegiul Consultativ pentru Cercetare Ştiinţifică şi Dezvoltare Tehnologică

Masa rotundă

"Creşterea eficienţei de utilizare a energiei electrice şi termice. Tehnologii electrice de utilizare a energiei "

S-a afirmat de multe ori că în România se consumă multă energie, dar cu eficienţă scăzută. Valoarea unor indicatori de bază (consum de energie pe locuitor, intensitate energetică, consumuri specifice de energie pe principalele produse etc.) au constituit argumente solide în sprijinul acestor afirmaţii.

În urma evoluţiei înregistrate în prima etapă a perioadei de tranziţie prima parte ar trebui corectată. Consumul de energie la nivel naţional şi pe locuitor a scăzut de o manieră importantă. Această scădere a fost provocată însă, în primul rând, de scăderea producţiei industriale şi nu de creşterea eficienţei de utilizare.

În pofida scăderii producţiei şi implicit a consumului de energie, industria rămâne principalul sector consumator de energie finală în România. Se poate aprecia că în prezent ea are un caracter eterogen din punctul de vedere al eficienţei energiei. Alături de tehnologii şi echipamente performante pot fi întâlnite şi tehnologii/echipamente cu un grad avansat de uzură fizică şi morală. Se înregistrează relativ frecvent cazuri în care consumurile specifice înregistrate în ţară sunt mai ridicate cu 20-30 % decât la tehnologiile similare utilizate în occident. Se mai utilizează încă tehnologii abandonate în ţările dezvoltate. Unele tehnologii performante, ajunse în fază comercială în ţările dezvoltate, sunt cunoscute în România doar din bibliografie sau în cadrul unor vizite în străinătate.

Preţurile subvenţionate ale energiei au contribuit în trecut la menţinerea pe linia de plutire a unor întreprinderi industriale cu o eficienţă scăzută de utilizare .

O astfel de politică nu mai poate fi urmată. Eficienţa energetică a devenit o parte componentă importantă a eficienţei economice, mai ales la produsele energointensive. Relansarea industriei româneşti în condiţii de competitivitate pe plan mondial nu poate fi realizată decât în condiţii de eficienţă energetică.

Consumul de energie în sectorul casnic a crescut în ultimii ani atât ca valoare absolută, cât şi ca pondere în consumul total de energie finală. Eliminarea restricţiilor în alimentare, dar şi subvenţionarea preţului (de la buget într-o primă etapă şi încrucişată în a doua etapă) au contribuit mult la această creştere. Eficienţa de utilizare (mai ales în ceea ce priveşte consumul de căldură) a rămas însă scăzută. Creşterea eficienţei de utilizare stimulată prin măsuri adecvate conduce la creşterea gradului de confort şi menţinerea facturii cu energia la niveluri acceptabile.

Problema eficienţei energiei nu este o problemă strict a consumatorilor, dat fiind dimensiunile şi implicaţiile sale la nivel naţional. Autorităţile publice se implică în rezolvarea acestei probleme în toate ţările lumii, prin cadrul legislativ şi reglementările pe care le aprobă. Furnizorul de energie este direct interesat de modul de consum, atât în cadrul activităţii marketing şi pentru că regimurile de consum influenţează direct propriile regimuri de funcţionare.

Fabricantul de echipamente reprezintă de asemenea un factor cu rol important pe piaţa energiei.

În particular, tehnologiile electrice au un rol important în creşterea eficienţei de utilizare. Randamentele relativ scăzute de producere a electricităţii sunt compensate de randamentele ridicate în fază de utilizare. În plus, tehnologiile electrice oferă şi alte avantaje (calitate superioară a produselor, productivitate ridicată),care conduc în final la o eficienţă economică remarcabilă.

În acest context redacţia revistei Energetica a considerat oportună organizarea unei mese rotunde cu tema : " Creşterea eficienţei de utilizare a energiei electrice şi termice. Tehnologii electrice de utilizare a energiei ". Masa rotundă s-a desfăşurat în ziua de 10 decembrie 1996 la sediul GSCI şi s-a bucurat de participarea unor distinşi specialişti în domeniu din administraţia centrală, cercetare, proiectare, exploatare. Au fost prezentate 17 lucrări întocmite special pentru această masa rotundă. Patru dintre acestea se publică în acest număr. Alte lucrări vor fi publicate în numerele viitoare ale revistei, în funcţie de spaţiul grafic disponibil.

ing. Vasile Rugină
redactor-şef

MANAGEMENTUL ENERGETIC PENTRU INTREPRINDERI ŞI IMPORTANŢA MANAGERILOR ENERGETICI

dr. STEVEN FAWKES *
High Level Adviser on Energy Efficiency Policy

Lucrarea prezintă managementul energetic în procesul de conducere a schimbărilor tehnologice şi organizatorice care au ca rezultat reducerea consumurilor specifice de energie. Aceasta este, în primul rând, o sarcină managerială şi nu una tehnică, deşi implică înţelegerea aspectelor tehnice. Pentru a ilustra aspectele implicate de managementul energetic este prezentat un model general al schimbării tehnologice legat de tehnicile specifice de eficienţă energetică. Este, de asemenea, prezentat, un model flexibil al sistemelor pentru procesul de management energetic. Acest model a fost dezvoltat după o analiză extensivă a situaţiilor existente în mod real, şi a fost folosit pentru a îmbunătăţi situaţia managementului energetic în multe întreprinderi. Este prezentat un studiu de caz al managementului energetic, în cadrul corporaţiei 3M. Este discutată importanţa managementului energetic şi a managerilor energetici, pentru dezvoltarea viitoare a României.

The paper deals with the energy problems management within the management process of the technological and organizational changes which result in the reduction of the energy specific consumptions. This is primarily a management related task and not a technical one, although it involves understanding of the technical aspects. To illustrate the aspects involved in the energy problems management, the author presents a general exemple of the technological change connected with the energy efficiency specific techniques. A flenible model of the systems for the energy problems management is also presented. This model was developed according to an extended analysis of the actual situations and was used to improve the management of the energy related problems of many enterprises. A case study of the energy problems management within the 3 M corporation is also included. Finally the importance of the energy problems management and of the energy problems managers for the future development of Romania is examioned.

Descriptori: management

1. Ce semnifică managementul energetic?

1.1. Procesul managementului energetic

Managementul energetic reprezintă managementul procesului de schimbări tehnologice şi organizatorice, care conduc la o eficienţă energetică îmbunătăţită, respectiv la reducerea cantităţii de energie pe unitatea de muncă utilă. Acest proces ar trebui să sprijine principalul obiectiv al unei întreprinderi, şi anume maximizarea profitului, în cazul întreprinderilor comerciale, sau asigurarea de servicii, în cazul unui serviciu public, cum ar fi sectorul educaţiei sau cel al sănătaţii. Reducerea cantităţii de energie pe unitatea de muncă utilă este de preferat din următoarele motive:

- duce la costuri reduse ale energiei, conducând la un profit suplimentar, în cazul întreprinderilor realizatoare de profit, sau la fonduri suplimentare disponibile pentru activităţi legate de serviciile esenţiale, în cazul întreprinderilor non-profit;
- duce la un impact redus asupra mediului;
- la scară naţională, duce la o reducere investiţiilor în noi centrale sau a importului de combustibili.

Pentru realizarea unui consum specific de energie redus, este necesar un proces de schimbări tehnologice şi organizatorice; de acest proces se interesează managementul energetic şi managerii energetici. Este important să subliniem că acesta este un proces dinamic şi nu o funcţie statică.

Având în vedere că managementul energetic este un proces de schimbări tehnologice, este important să se înţeleagă natura schimbării tehnologice, în cadrul economiilor de piaţă. A fost întreprinsă o activitate considerabilă de cercetare, pentru înţelegerea acestui proces care,

* Agenţia Română pentru Conservarea Energiei - ARCE - Support Unit - ETSU, Energy Technology Marea Britanie

fundamental, reprezintă motorul dezvoltării economice. O mare parte a activităţii de cercetare a fost preocupată de inovaţie. Aceasta reprezintă doar un caz special de schimbare tehnologică, fiind un pas discret în dezvoltarea unui produs sau proces, şi anume prima aplicaţie comercială. Marea majoritate a investiţiilor în echipamentele de economisire a energiei este mult mai modestă în ceea ce priveşte scopul. Ele sunt schimbări tehnologice treptate şi folosesc inovaţiile tehnologice anterioare. Cele mai multe investiţii din domeniul eficienţei energetice implică echipamente care deja se comercializează.

1.2. Procesul schimbării tehnologice

Langrish, în una din cele câteva lucrări menite a deschide "cutia neagră" a schimbărilor tehnologice [1], a avansat un nou concept. El a sugerat că există trei condiţii necesare, care trebuie îndeplinite, înainte ca orice schimbare tehnologică să apară. Acestea sunt:

1) un **concept tehnic**, capabil de a fi dezvoltat până la etapa de realizare;

2) un **avantaj** relativ la conceptele tehnice alternative;

3) **abilitatea** de dezvoltare a concep-tului tehnic până la obţinerea avantajelor.

Toate cele trei condiţii trebuie să existe în acelaşi timp şi în acelaşi loc. O observaţie importantă este aceea că este vorba mai curând de perceperea avantajului şi abilităţii, decât de cuantificarea lor care să motiveze un agent de legătură să forţeze o schimbare tehnologică. Agentul de legătură îndeplineşte un rol de antreprenor, chiar dacă în cele mai multe cazuri de schimbări tehnologice, el nu este antreprenorul independent clasic, ci mai curând angajatul unei organizaţii existente.

Conceptul tehnic poate să fie o idee absolut nouă, o nouă combinaţie de idei (vechi şi/sau noi) sau o idee veche care nu a fost dezvoltată anterior din lipsă de avantaje şi/sau abilitate.

Uşurinţa cu care conceptul poate fi transformat într-o instalaţie viabilă, din punct de vedere comercial, depinde de măsura în care componentele conceptului sunt deja materializate de un hard disponibil. Dacă conceptul central este deja într-un hard ce se comercializează, atunci este necesară doar adaptarea la specificul amplasamentului în cauză (dificultăţile de adaptare sunt de multe ori ignorate de cercetătorii teoreticieni şi de practicieni). Dacă hardul trebuie dezvoltat, ca în cazul unui concept complet nou, sau a unei inovaţii, atunci este necesară mai multă muncă de cercetare şi dezvoltare. Astfel există niveluri diferite de cercetare, proiectare şi dezvoltare, în funcţie de situaţia conceptului

- C & D în sensul tradiţional;
- "proiectarea experimentală";
- proiectarea inginerească de rutină.

Avantajul este, de obicei, în cazul industriei şi comerţului, unul economic, care pentru eficienţa energetică înseamnă, în mod normal, costuri unitare reduse. Alte avantaje neeconomice, cum ar fi controlul îmbunătăţit al calităţii sau protecţia mediul înconjurător, pot fi asociate cu schimbarea tehnologică, dar avantajele economice vor reprezenta forţa conducătoare obişnuită. O excepţie ar fi reprezentată de schimbările tehnologice care ar putea fi cerute prin lege, de exemplu: respectarea standardelor cu privire la emisiile nocive.

Beneficiarul potenţial, comerciantul echipamentului sau un partener exterior (un consultant) pot avea abilitatea de a dezvolta conceptul tehnic până la etapa de atingere a avantajului faţă de conceptele alternative sau a status quo-ului. În cazul multor investiţii din domeniul eficienţei energetice, hardul de bază există deja, iar abilitatea necesară va consta din cunoştinţele inginereşti de proiectare şi cunoştinţele de management al proiectului, pentru adaptarea hardului de bază la restricţiile specifice impuse de unitatea beneficiară.

Cu cât este mai ridicat nivelul de cercetare, proiectare şi dezvoltare, necesar pentru a aduce conceptul în etapa de hard, cu atât creşte importanţa evaluării abilităţii companiei vânzătoare. Există riscul ca fabricanţii să nu realizeze schimbarea tehnologică absolut deloc, sau cel puţin la timp şi conform bugetului. Acest risc trebuie explorat în orice analiză financiară a investiţiei propuse. Unul din rolurile managerilor energetici este acela de a evalua acest risc şi de a conduce procesul de adaptare la unitatea clientului, astfel încât criteriul dorit de performanţă economică şi tehnică să fie realizat.

1.3. Adoptarea si adaptarea

Procurarea de tehnologie este de multe ori prezentată ca un proces simplu de adoptare, dar

pentru investiţiile din domeniul eficienţei energetice şi multe altele, este mai mult un proces de adaptare. Chiar atunci când conceptul este bine dovedit şi hardul există - de exemplu: un economizor pentru cazan - este necesară o muncă de adaptare pentru a realiza un sistem viabil. Acest lucru necesită muncă de proiectare inginerească şi un grad de originalitate, pentru cazul particular în discuţie.

Hardul de bază poate fi foarte bine unul standard şi simplu, dar sistemul trebuie proiectat astfel încât să întrunească condiţiile tehnice şi profitul economic cerut de fiecare loc de amplasare în parte. Dificultăţile ce pot exista în această situaţie, precum şi efectul factorilor specifici locului de amplasare asupra viabilităţii economice, au fost de multe ori neglijate de analiştii energetici care studiază potenţialul eficienţei energetice.

Există o mare varietate de structuri constructive de conservare a energiei, cum ar fi: lămpile de mică putere, sistemele electronice de management energetic pentru procese sau clădiri, sistemele de recuperare a căldurii ale unor procese sofisticate. Fiecare tehnică are un anumit grad de adaptabilitate, opusul acestuia fiind numit specificitate. Dintre exemplele amintite anterior, un grad înalt de adaptabilitate îl au lămpile fluorescente compacte, de mică putere, LFC, care se pot monta direct în corpurile de iluminat existente (chiar şi această tehnică poate prezenta o serie de restricţii determinate de locul de amplasare - cum ar fi starea şi vechimea circuitului, capacitatea corpurilor de iluminat de a suporta greutatea suplimentară a lămpilor fluorescente compacte). În situaţia în care se modifică sistemul de iluminare - în acest caz recomandându-se înlocuirea tuburilor fluorescente cu lămpile cu sodiu la presiune înaltă - pot fi necesare adaptări considerabile ale circuitelor electrice existente.

O tehnică cu o adaptabilitate mai redusă este aceea a recuperării căldurii din coşurile cazanelor care folosesc economizoare. Această tehnologie a fost prima dată patentată în 1845 şi are o mare capacitate de adaptabilitate în cazul în care este aplicată cazanelor pe gaz sau folosind două tipuri de combustibil dacă este utilizată o vană de ocolire în timpul arderii pe păcură. Foarte mulţi factori, specifici locului de amplasare afectează, totuşi, viabilitatea financiară a unei astfel de soluţii pentru cazanele cu economizoare printre care:

- spaţiul fizic pentru hard;
- necesitatea existenţei suporturilor pentru susţinerea încărcăturilor;
- cantitatea şi calitatea cererii de apă caldă;
- temperaturile gazului de ardere;
- utilizarea cazanelor;
- caracteristica de încărcare a cazanului;
- durata de funcţionare a cazanelor ce utilizează două tipuri de combustibili.

Costul total al sistemului este adesea de circa trei ori mai mare decât costul economizorului sau al schimbătorului de căldură. Acest lucru este valabil şi în cazul altor proiecte de recuperare a căldurii.

Din categoria celor mai puţin adaptabile sisteme trebuie menţionate cele de recuperare a căldurii dintr-un cuptor de malţ sau din apele reziduale provenite din industria producătoare de bere. Numărul factorilor tehnici care afectează viabilitatea financiară va fi cu mult mai mare decât în cazul economizorului unui cazan.

Factorii ce determină adaptabilitatea sunt: reacţiile costurilor investiţiei şi ale economiilor realizate în ceea ce priveşte costul energetic atunci când variază factorii tehnici specifici, caracteristici tehnicii şi locului de amplasare .

1.4. Situaţia cu care se confruntă o firmă

Pentru a examina situaţia cu care se confruntă o firmă, trebuie să se analizeze investiţiile în echipamentul de eficienţă energetică. Aceasta se confruntă cu o diversitate de concepte tehnice, aplicarea oricăruia dintre ele putând duce la îmbunătăţiri ale consumurilor specifice de energie. Aceste concepte sunt materializate în diverse harduri disponibile. Unele concepte (de exemplu economizoarele cazanelor) necesită harduri aflate în faza de comercializare, iar altele sunt în forma unui "obiect de artă" şi conţin un grad mai mare de risc tehnologic. Alte concepte pot implica activităţi importante de cercetare, proiectare şi dezvoltare pentru a fi implementate. Pot fi inventate concepte noi, ca răspuns la nevoile specifice.

O persoană nu poate cunoaşte toate conceptele tehnice, chiar în cadrul unui domeniu restrâns al unui sector industrial.

Din totalitatea conceptelor identificate, unele vor fi analizate mai în detaliu. Obiectivul acestei etape este de a transpune conceptul într-un proiect fezabil. Acest proces este, în principal, unul de cercetare, proiectare şi dezvoltare (C, P & D). O mare parte din activitate nu este considerată in literatură ca fiind la nivelul de "C & D". În funcţie de situatia concretă poate fi implicată "C & D" în sens tradiţional, "proiectare experimentală" sau cel mai probabil de "proiectare inginerească de rutină", aşa cum este ea practicată de inginerii proiectanţi şi managerii energetici.

Cele mai multe companii au un rol pasiv, acceptând concepte şi harduri care sunt deja în faza de comercializare. Aceasta este o reacţie normală, având în vedere riscurile, durata şi costurile implicate de activităţi de C & D mai avansate. Numai companiile foarte mari, care deţin resurse importante şi având probleme specifice, sunt în măsură să se angajeze în activitatea propriu-zisă de cercetare şi dezvoltare. De multe ori, activităţile de C & D pentru realizarea de noi tehnologii şi harduri pot fi desfăşurate în colaborare cu comercianţii sau în asociere cu institute de cercetare şi agenţii guvernamentale. Marea majoritate a companiilor fie nu deţin resursele, fie cunoştinţele necesare pentru dezvoltarea noilor concepte, ce nu sunt încă materializate în forma hardurilor ce se comercializează.

Diferenţa dintre o decizie pentru adoptarea sau dezvoltarea unei tehnici noi de la început şi o decizie de adaptare a unei tehnici existente a fost accentuată în literatură. Ambele implică schimbare şi incertitudine pentru întreprinderea beneficiară. Investiţia într-o tehnică deja existentă implică încă incertitudine în ceea ce priveşte posibilitatea ca aceasta să funcţioneze profitabil (în sensul definit de compania respectivă), în amplasamentul avut în vedere. Decizia de a adopta o tehnică nouă implică un grad suplimentar de incertitudine dat fiind posibilitatea ca tehnica să nu funcţioneze deloc, sau să fie făcută să lucreze în limite acceptabile de performanţă de cost şi beneficiu.

Procesul de evoluţie a unui concept are câteva etape iterative. În prima fază, are loc proiectarea şi evaluarea performanţelor tehnice. În această fază, principala preocupare este ca hardul să lucreze în modul dorit la aplicaţia în discuţie. Pentru cele mai multe tehnici de conservare a energiei, pentru care există deja un hard disponibil, aceasta este o activitate de proiectare inginerească de rutină, sau de decizie inginerească, şi va fi realizată de investitorul potenţial, de multe ori în colaborare cu unul sau mai mulţi comercianţi. În parte este un proces de stabilire a încrederii în echipament şi furnizor şi în parte un proces de proiectare globală a sistemului. Cu cât investiţia potenţială este mai mare, cu atât durata şi suma de bani necesare pentru reducerea incertitudinii sunt mai mari.

Gama de proiecte fezabile din punct de vedere tehnic este supusă apoi evaluării din punct de vedere comercial, folosind criteriile investitorilor potenţiali. Acest lucru este de obicei realizat prin solicitare de cotaţii sau, acolo unde sistemele trebuie să fie instalate de personalul propriu, prin estimări de costuri şi economii. Unele tehnici necesită o muncă considerabilă de proiectare specifică, pentru pregătirea cotaţiilor.

Este probabil ca investiţia să fie realizată doar dacă sunt întrunite criteriile investitorului potenţial, şi se poate argumenta că orice alte criterii, aplicate de teoreticieni sau grupuri interesate în eficienţa energetică, sunt irelevante. Criteriile avute în vedere la realizarea investiţiilor sunt mult mai complexe decât doar perioada de recuperare sau fluxul monetar actualizat al venitului. Restricţiile impuse de lipsa de capital, chiar dacă proiectul avut în vedere este interesant, sunt şi ele importante, eşecul în îndeplinirea oricărui criteriu financiar putând duce la respingerea definitivă şi abandonarea proiectului, sau la reproiectarea conceptului sau sistemului.

Atât studiile de inovaţii, cât şi managementul practic ignoră, de multe ori, un al treilea aspect al evaluării. Acesta poate fi etichetat ca evaluare contextuală. Viabilitatea proiectelor propuse trebuie examinată în contextul altor investiţii de eficienţă energetică, investiţii planificate sau posibile în instalaţii noi de proces, strategia corporativă, schimbări ale pieţei şi calificarea personalului. Neluarea în considerare a interacţiunii dintre proiecte şi aceşti factori, în

etapa de proiectare, poate conduce la eşecuri costisitoare.

2. Un model flexibil de sisteme pentru managementul energetic

2.1. Introducere

Acest capitol descrie un model flexibil al activităţilor de management energetic, necesar pentru valorificarea oportunităţilor profitabile de conservare a energiei, de la firme industriale sau de la alte întreprinderi (inclusiv autorităţi locale şi regii). A fost utilizată o metodologie flexibilă pentru sisteme, dezvoltată de Checkland [2, 3]. Această modalitate conduce mai curând la o dezbatere structurată, decât la elaborarea unei soluţii "rigide".

Urmând metodologia lui Checkland, modelul a fost dezvoltat în Marea Britanie [4] pe baza observaţiilor, privind situaţia reală a problemei în cadrul mai multor companii, a examinării literaturii şi a participării la procesul de management energetic. De atunci acest model a fost folosit în mod extensiv în mai multe întreprinderi pentru proiectarea sau restructurarea procesului de management energetic şi s-a dovedit a fi eficient. Aşa cum a accentuat în [3], modelul este unul pur conceptual, instrument logic şi nu un model al lumii reale. Modelul este prezentat în figura 1, iar nivelurile mai joase sunt prezentate în figurile 2 până la 6.

Prezentarea modelului are drept scop o mai bună înţelegere a procesului de management energetic.

În industrie, comerţ şi sectorul public din economiile vestice, managementul energetic a devenit o activitate recunoscută, dar natura şi calitatea acestei activităţi diferă pe scară largă. Majoritatea lucrărilor scrise pe tematici de management energetic, inclusiv în România, tratează mai curând ingineria energetică decât managementul. Confruntarea cu această diferenţiere înţelegerea ei reprezintă un pas vital pentru practicienii din domeniul eficienţei energetice şi pentru factorii de decizie din România. Modelul de bază poate fi aplicat, de asemenea, managementului altor fluxuri de resurse, cum ar fi apa, care în economiile vestice a devenit frecvent o resursă la fel de importantă ca şi energia.

Se pot distinge trei niveluri de management energetic:

- Buna gospodărire, respectiv funcţionarea unei fabrici existente, în cel mai eficient mod.
- Modificările unui echipament, respectiv adăugarea de hard, proiectat în primul rând cu scopul de a economisi energie în fabricile existente
- Achiziţionarea de echipament nou, pentru asigurarea eficienţei energetice.

Toate cele trei niveluri interacţionează şi sunt restricţionate de factori externi managementului energetic. Aceste interacţiuni vor fi prezentate mai jos.

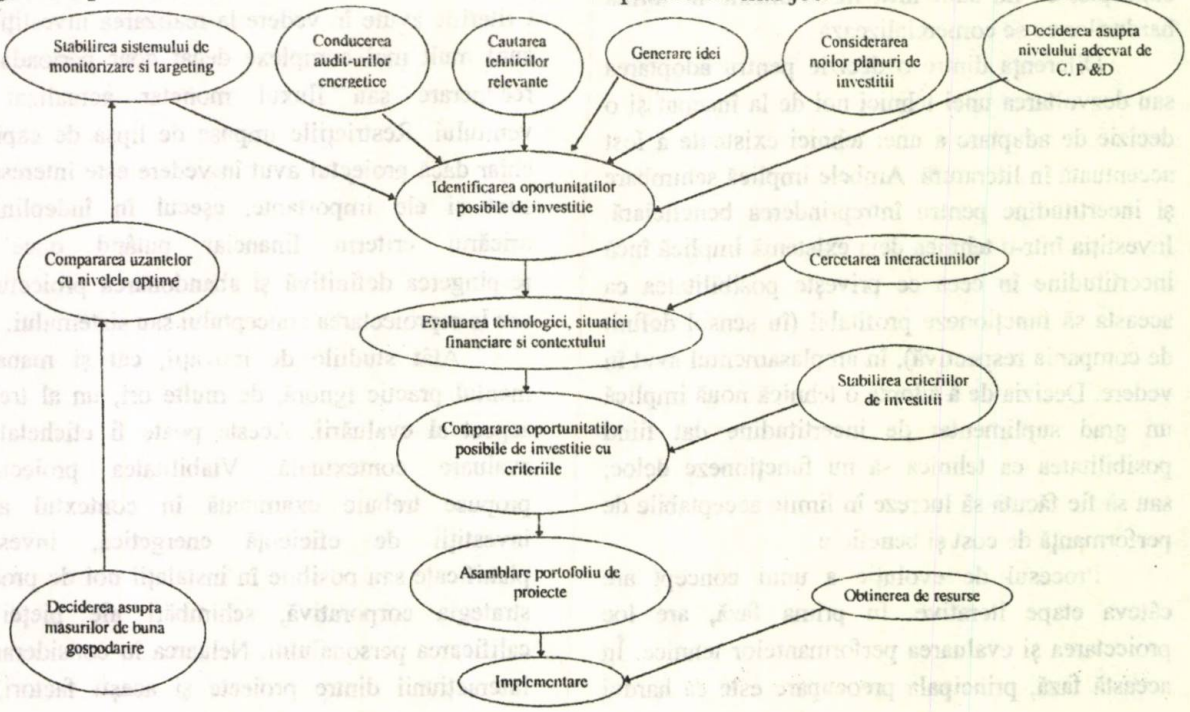


Fig.1. Model flexibil de sisteme pentru activităţile de management energetic.

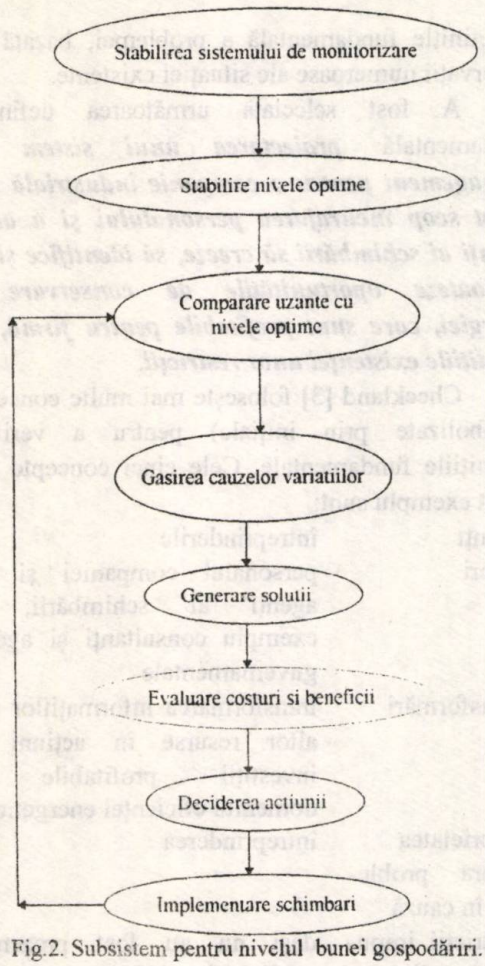


Fig.2. Subsistem pentru nivelul bunei gospodăriri.

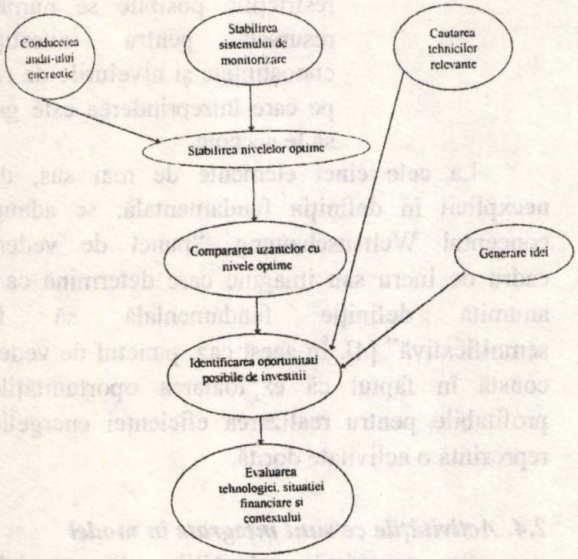


Fig.3. Subsistem pentru identificarea oportunităţilor de investiţii pentru îmbunătăţiri aduse echipamentelor.

2.2.Clasificarea sistemelor

Sistemul modelat aici se integrează într-o clasificare a sistemelor corporative şi interacţionează cu acestea la diferite niveluri. În cazul acestui model se presupune că s-a stabilit deja alocarea de resurse între cheltuielile ofensive (de exemplu dezvoltarea unui produs nou, campaniile de marketing) şi cheltuielile defensive (de exemplu reducerea cheltuielilor pe liniile de producţie şi ale proceselor existente). Succesul eficienţei energetice poate duce la schimbarea acestei alocări, în absenţa altor proiecte, mai atractive. O reducere a resurselor disponibile (de exemplu a profiturilor sau a subvenţiilor), va reduce sumele disponibile pentru cheltuieli defensive, inclusiv pentru eficienţa energetică.

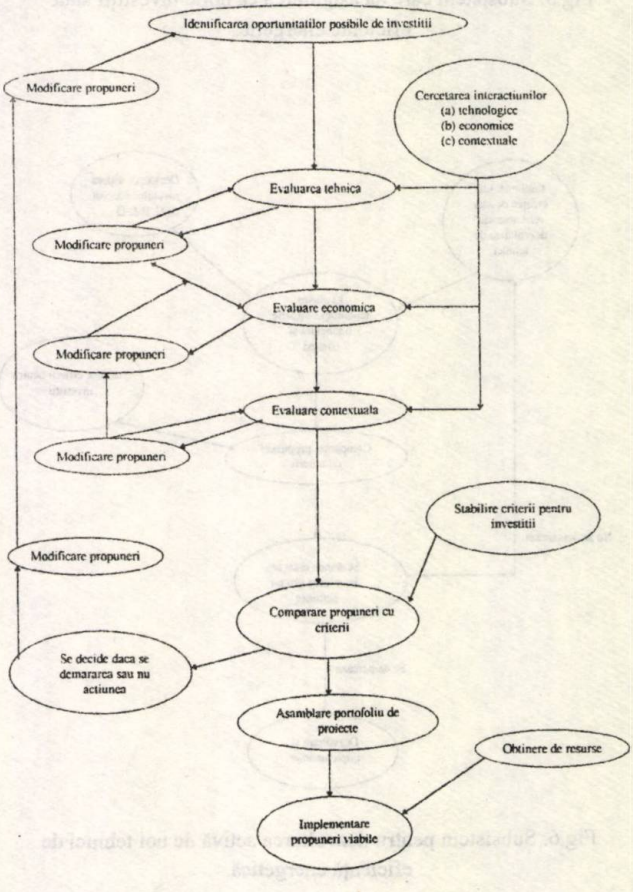


Fig.4. Subsistem pentru etapa de evaluare.

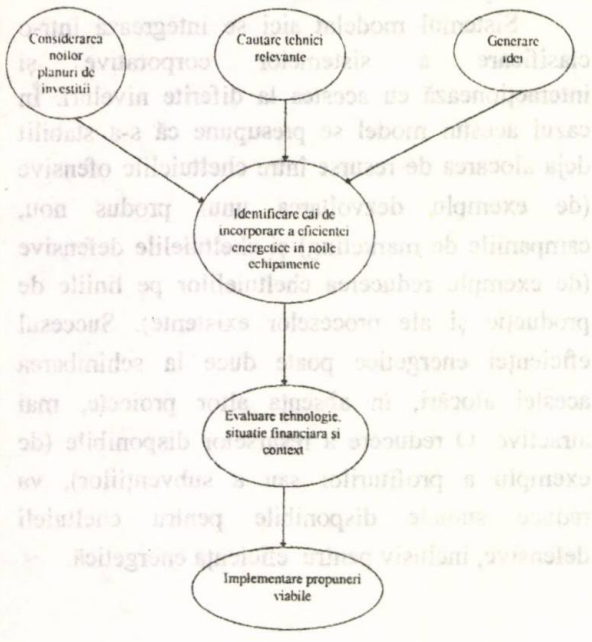


Fig.5. Subsistem care dă asigurarea că noile investiţii sunt eficiente energetic.

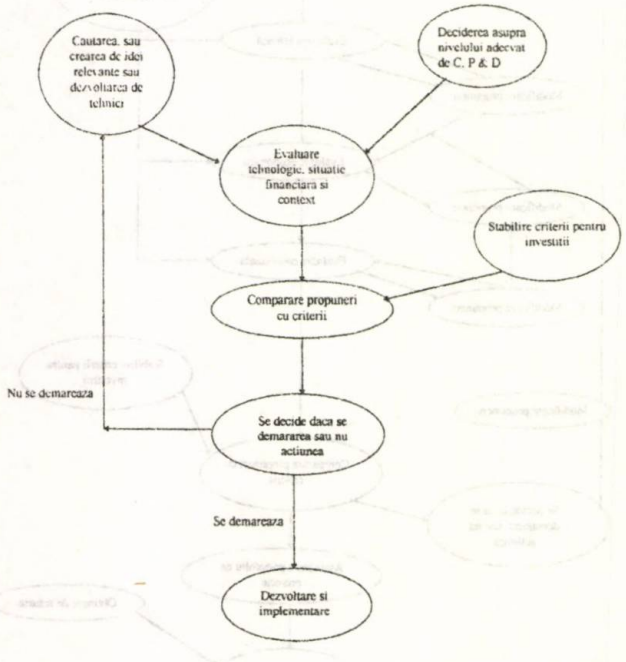


Fig.6. Subsistem pentru dezvoltarea activă de noi tehnici de eficienţă energetică.

2.3. Obiectivul sistemului

În sistemele flexibile, obiectivul nu este clar definit. Metodologia sistemelor flexibile începe cu o definiţie fundamentală a problemei, bazată pe observaţii numeroase ale situaţiei existente.

A fost selectată următoarea definiţie fundamentală: ***proiectarea unui sistem de management pentru o companie industrială are drept scop încurajarea personalului şi a altor agenţi ai schimbării să creeze, să identifice şi să exploateze oportunităţile de conservare a energiei, care sunt profitabile pentru firmă, în condiţiile existenţei unor restricţii.***

Checkland [3] foloseşte mai multe concepte (simbolizate prin iniţiale) pentru a verifica definiţiile fundamentale. Cele cinci concepte din acest exemplu sunt:

Clienţi	întreprinderile
Actori	personalul companiei şi alţi agenţi ai schimbării, de exemplu consultanţi şi agenţii guvernamentale
Transformări	transformarea informaţiilor şi a altor resurse în acţiuni de investiţii profitabile în domeniul eficienţei energetice
Proprietatea asupra problemei în cauză	întreprinderea
Restricţii impuse de mediu	deşi nu au fost prezentate explicit în definiţie, existenţa lor este recunoscută. Printre restricţiile posibile se numără resursele pentru investiţii, cunoştinţele şi nivelurile de risc pe care întreprinderea este gata să le accepte.

La cele cinci elemente de mai sus, dar neexplicit în definiţia fundamentală, se adaugă conceptul Weltanschauung, "punct de vedere, cadru de lucru sau imagine care determină ca o anumită definiţie fundamentală să fie semnificativă" [4]. În acest caz, punctul de vedere constă în faptul că exploatarea oportunităţilor profitabile pentru realizarea eficienţei energetice reprezintă o activitate dorită.

2.4. Activităţile ce sunt integrate în model

Se consideră activităţile din modelul sistemelor prezentat în figura 1. Fiecare nivel al activităţilor de management energetic va fi analizat pe rând şi este prezentat în figurile 2 - 6.

2.5. Nivelul bunei gospodăriri

Pentru acumularea datelor privind utilizarea energiei şi costurile ei este necesar un sistem intern de informaţii de management, sau un sistem de monitorizare şi targeting. Datele trebuie prelucrate în forma necesară factorilor de decizie şi comunicate acestora în vederea întreprinderii unor acţiuni eficiente. Pentru realizarea unui ghid de acţiune, consumurile şi costurile energetice trebuie defalcate pentru a se răspunde întrebării: unde sunt cheltuiţi banii? Defalcarea costurilor energetice în centre de cost este susţinută de Hewgill [6], Murphy şi McKay [9] şi Roberts [8] şi alţii. Acest lucru necesită măsurători mai extensive decât se obişnuieşte, în prezent, în România.

În continuare, consumul real de energie trebuie comparat cu niveluri optime şi respectiv planificate. Acest lucru este accentuat de Jacques [7], Roberts [8] şi Finer [10], iar tehnicile de monitorizare şi targeting sunt discutate în [11]. Nivelul optim trebuie identificat rapid de către factorii de decizie ce deţin controlul centrului de cost. În continuare, se identifică cauza diferenţei dintre nivelul optim şi cel real şi pot fi luate măsuri adecvate pentru reducerea consumurilor reale. Dacă costurile acţiunii sunt mai mari decât beneficiile s-ar putea ca să nu existe nici o acţiune de acest fel.

Rezultatele practice ale acestei etape sunt reprezentate de un sistem de monitorizare şi targeting, care funcţionează împreună cu o structură şi un climat organizatoric, care conduc la economii prin intermediul unei "gospodăriri îmbunătăţite".

2.6. Nivelurile de investiţii (echipamente modernizate şi noi)

Sistemul informaţional descris mai sus este necesar pentru realizarea investiţiilor destinate modernizării. Întrucât tehnologiile şi preţurile se modifică în timp, optimul economic se modifică, de asemenea, în mod continuu, şi practic nu poate fi cunoscut. Înlocuirea acestui optim economic cu un "nivel optim" constituie, de aceea, un fapt uzual. Nivelurile optime bine alese acţionează ca un ghid şi stimul pentru politici de acţiune. Selectarea nivelurilor optime pentru un centru de cost, este teoretic o sarcină dificilă, date fiind efectele variaţiilor climaterice, sezoniere, ale producţiei şi ale multitudinii de produse realizate, cu care se confruntă cele mai multe companii, care poate fi abordată relativ simplu, prin aplicarea tehnicilor de monitorizare şi targeting (vezi [11]).

Pentru identificarea şi realizarea de investiţii, sunt necesare informaţii privind utilizarea energiei şi costurile ei, precum şi cunoştinţe despre concepte tehnice "relevante". Creativitatea poate redefini ceea ce este considerat relevant şi utilizarea tehnicilor creativităţii, cum ar fi brainstorming-ul, analiza matriceală şi examinarea critică, pot fi utile în această etapă. Este necesară o sinteză creativă a informaţiilor interne şi externe. Informaţiile externe pot proveni din reviste, ziare, prezentări cu caracter comercial şi desigur, din eforturile furnizorilor în ceea ce priveşte activitatea de marketing.

În procesul de schimbare tehnologică, este necesară o decizie explicită cu privire la nivelul adecvat de inovaţie. Pentru o întreprindere ce doreşte şi este capabilă să inoveze în domeniul eficienţei energetice, etapa adecvată pentru a se implica este aceea de pre-prototip. Pentru alte companii cu resurse şi cunoştinţe mai reduse, nivelul adecvat este cel al adaptării tehnicilor deja inovate. În multe întreprinderi această decizie este luată de fapt implicit, fără o considerare explicită. Acest lucru poate fi periculos la o întreprindere care preia riscurile inovaţiei (incertitudinile tehnice, costurile exagerate şi datele de livrare nesigure) peste capacitatea de care dispune.

Odată identificate oportunităţile potenţiale, ele trebuie estimate din punct de vedere tehnic, economic şi contextual. Aceste estimări interacţionează într-un proces iterativ, care poate conduce el însuşi la noi idei. Evaluarea contextuală este de multe ori neglijată (vezi pct. 3). De multe ori există o concentrare excesivă asupra hardului şi asupra evaluării tehnice, în detrimentul evaluării economice şi contextuale. În mod similar se neglijează partea de "soft" managerial, organizatoric şi de training şi inginerii preferă să se concentreze asupra echipamentului.

Aspectele legate de hardul şi de softul proiectului propus trebuie să fie compatibile la toate nivelurile relevante. Este necesar ca inginerii care proiectează sau instalează hardul să îl înţeleagă, ca personalul de întreţinere să îl întreţină şi operatorii să îl folosească. De aceea trainingul

este o parte importantă a tuturor proiectelor tehnice, parte de multe ori neglijată. Orice activitate de training reprezintă un cost suplimentar, care ar trebui avut în vedere în etapa de evaluare a investiţiei. Ar putea fi necesară luarea în considerare a costurilor sociale, atât cele interne, cât şi cele externe companiei (exemplu zgomotul, vibraţiile şi emisiile nocive). Alte dimensiuni ale evaluării contextuale se referă la posibilitatea ca acest proiect să fie în acord cu strategia corporativă şi strategia tehnologică, strategia de marketing şi politicile de personal. Interacţiunile dintre evaluarile tehnice, contextuale şi economice arată că decizia de "adoptare" globală este mult mai complexă decât o arată modelele liniare simple. Chiar şi Baker [12], nu estimează corect complexitatea procesului, având în vedere decizia de adoptare. Investiţiile din domeniul conservării energiei pot interacţiona unele cu altele, dar şi cu instalaţiile de prelucrare sau schimbările operaţionale. Este necesar ca astfel de interacţiuni, care pot fi sinergice sau negativ sinergice, să fie anticipate în etapa de evaluare/proiectare, pentru a se asigura că profiturile investiţiei şi economiile de energie sunt maximizate.

În cazul marii majorităţi a firmelor interacţiunile dintre proiecte şi lipsa de capital, conduce la ideea că este utilă crearea unui portofoliu de proiecte posibile. Dacă într-o perioadă nu sunt disponibile resurse suficiente pentru două proiecte sinergice, ele ar putea fi realizate în etape, beneficiile complete venind la realizarea celui de al doilea proiect. Realizarea unui portofoliu de proiecte face, de asemenea, posibilă verificarea sinergiei negative sau pozitive şi permite proiectelor marginale să fie reevaluate în măsura în care condiţiile se schimbă.

Rezultatele practice ale acestei etape sunt:

- anchete energetice, care identifică măsurile specifice de economisire a energiei şi prezintă costurile şi beneficiile posibile pentru fiecare măsură (un portofoliu de proiecte posibile);
- un plan de investitii care ia în calcul interacţiunile dintre măsuri şi cu alte acţiuni planificate sau în desfăşurare în întreprinderi;
- un angajament pentru finanţarea unora din măsurile planificate, atât din fonduri interne, cât şi externe.

Orice investiţie în echipamente ce conservă energia va afecta consumurile şi costurile energetice şi probabil va necesita restabilirea nivelului optim pentru centrul de cost implicat. Orice plan corporativ ar trebui evaluat în ceea ce priveşte implicaţiile energetice. Restricţii, precum limitele de utilizare a combustibililor (uzuale pentru consumatorii industriali de gaze naturale din Marea Britanie în anii '80, dar şi pentru consumatorii din România) sau capacitatea centralelor, vor exista întotdeauna. Realizarea unor noi capacităţi (un nou cazan sau o capacitate nouă de furnizare a energiei electrice), care necesită o perioada de planificare şi un capital considerabile, pot afecta viabilitatea unui plan corporativ.

Planurile care reduc capacitatea de producţie diminuează atractivitatea investiţiilor în domeniul eficienţei energetice. Investiţia masivă în domeniul conservării energiei, într-o fabrică ce ar urma să fie închisă, într-o perioadă imediat următoare, prezintă un interes minor. Aceste numeroase interacţiuni posibile arată necesitatea unui plan energetic care să fie direcţionat de planul corporativ global.

Selectarea tehnologiilor procesului de bază afectează gama oportunităţilor viabile de investiţii din domeniul eficienţei energetice. Există necesitatea existenţei unei politici tehnologice în cadrul întreprinderii, care va afecta politica energetică.

Există necesitatea ca statutul şi relevanţa dezvoltării tehnologiilor energetice, atât în activităţile de producţie, cât şi în cele auxiliare (exemplu încălzirea şi ventilaţia), atât în cazul echipamentelor modernizate, cât şi a celor noi, să fie revizuite în mod regulat, astfel încât ele să fie considerate ca oportunităţi de investiţie, într-o etapă adecvată a dezvoltării lor.

2.7. Importanţa stimulentelor şi motivaţiei

Pentru realizarea unui proces dinamic de management energetic, care să funcţioneze la toate nivelurile prezentate mai sus, este necesară existenţa unor stimulente sau motivaţii. Acest lucru poate proveni cel mai bine de la o structură organizatorică în care unităţile productive sunt divizate în centre de profit individuale şi managerii individuali răspund pentru profiturile şi costurile propriului centru. Un astfel de sistem este optim pentru profitabilitate şi management pe ansamblul unei întreprinderi. În acest mod, managerii de linie au un stimulent pentru conducerea eficientă a

domeniului energetic. Celelalte sisteme, costurile energiei (şi alte costuri) sunt alocate unităţilor de producţie într-un anumit fel, şi de aceea există o stimulare slabă în ceea ce priveşte economisirea energiei. Până în momentul în care centrele individuale de profit vor fi supuse măsurătorilor, şi li se vor percepe bani pentru plata energiei, economiile totale de energie sunt limitate şi responsabilitatea revine pe nedrept, în totalitate, managerului energetic.

Grupurile individuale de consumatori, cum ar fi angajaţii unui atelierul de lucru, pot primi, de asemenea, stimulente pentru a economisi energie, printr-un sistem de premiere.

3. Studiu de caz

3.1. Cazul Companiei Minnesota Mining and Manufacturing (3M)

Compania 3M este bine cunoscută pentru gama sa diversificată de produse (casetele audio, Post-It Notes (TM), Banda Scotch (3M)) şi management-ul său inovator. În cadrul organizaţiei 3M, este recunoscut faptul că într-o întreprindere productivă, managerul trebuie să fie în totalitate responsabil al tuturor problemelor, inclusiv managementul energetic. Astfel, şeful de echipă dintr-o secţie trebuie să deţină întreaga responsabilitate, încă o dată. Se pune întrebarea: "Cum poate o persoană fără pregătire tehnică să fie responsabila unei funcţii tehnice?" Răspunsul constă în aceea că atât managerul fabricii, cât şi şeful de echipă trebuie beneficieze de rapoarte supervizate de ingineri. Deşi acest lucru este uşor de descris, 3M recunoaşte că acesta este un act de echilibrare, dificil de realizat.

3M porneşte de la trei principii de bază:

- Responsabilitate
- Răspundere
- Estimarea performanţei

Pentru a estima performanţa este necesar să se evalueze cantitatea de muncă inginerească necesară pentru producerea unui produs la un preţ acceptabil, care să permită succesul pe piaţă. Acceptând acest punct de vedere şi aplicând aceste trei principii, obiectivele funcţiei inginereşti, în ordinea priorităţii, sunt:

- să asigure producerea la un preţ competitiv;
- să asigure menţinerea eficienţei;
- să fie în prima linie a domeniului.

Pentru acest lucru, este necesar ca în cazul oricărui proiect ingineresc să se exercite control din partea unui departament de linie. Funcţiile accesibile personalului, i.e. contabilitatea, protecţia, securitatea, controlul calităţii, ingineria etc., trebuie folosite pentru a produce rezultatul dorit şi trebuie urmărite cu toate ocaziile pentru a estima performanţa.

Se observă, în cadrul 3M, că departamentele de inginerie din cadrul altor companii au de multe ori obiective ce includ următoarele:

- proiectarea echipamentului;
- construirea echipamentelor şi instalaţiilor;
- mentenanţă.

Acestea nu sunt considerate ca obiective, ci mai curând o descriere a funcţiei inginereşti; orice organizaţie cu astfel de obiective nu poate lucra în maniera în care o face 3M .

În cadrul funcţiei inginereşti a 3M, se recunoaşte ca fiind vitală evitarea ingineriei de dragul ingineriei. Este, de asemenea, considerat extrem de important ca inginerii si grupurile de întreţinere să nu dea vina pe producător, contractant sau echipament pentru defecţiuni care au provocat oprirea producţiei. Cultura corporativă este una în care inginerii acceptă probleme, le pun corect, şi apoi le discută cu persoanele implicate, asumându-şi responsabiliatea situaţiei ivite, chiar dacă vina nu este a lor. Acest lucru ajută la calmarea situaţiilor tensionate, în care timpul şi energia sunt irosite pentru a diviza vina. Se recunoaşte ca în orice organizaţie vor exista greşeli şi acestea vor fi făcute de persoane motivate şi care au rezultate. Sublinierea greşelilor şi divizarea responsabilităţii conduce doar la o relaţie de muncă necorespunzătoare.

Departamentele de inginerie şi întreţinere acceptă următoarele priorităţi:

- stabilirea unui program adecvat pentru realizarea unui proiect;
- asigurarea că proiectul este finalizat la termen.

Deşi calitatea este importantă, vor exista momente când circumstanţele vor dicta şi calitatea trebuie să sufere dacă proiectul trebuie finalizat la un termen dat pentru respectarea graficului de producţie. Prin diferite aranjamente şi acorduri locale, calitatea poate fi îmbunătăţită ulterior.

Un alt domeniu, care ilustrează foarte bine modalitatea folosită de 3M, este funcţia de protecţie. Un inginer ce deţine funcţia de protecţie nu este niciodată responsabil al acestei funcţii.

Responsabilitatea revine managerului fabricii şi el deleagă această funcţie inginerului respectiv. În Marea Britanie managerul fabricii rămâne responsabil, din punct de vedere legal, pentru protecţie şi de aceea conduce toate Comitetele de Protecţie în fabricile 3M.

3M divizează personalul implicat în realizarea unei operaţii de fabricaţie în şase grupuri:

- management;
- atelier de lucru;
- personalul din birouri;
- personalul tehnic;
- servicii;
- ingineri;

şi accentuează că echilibrul dintre aceste grupuri trebuie menţinut.

3.2. Programul 3M 3E

3E semnifică Energy Environment Equation. 3M recunoaşte că poluarea mediului este cauzată în totalitate de folosirea incorectă a resurselor naturale şi că îmbunătăţirea eficienţei utilizării energiei va reduce poluarea mediului.

Pe baza unor criterii recunoscute în întreaga lume, 3M a raţionalizat conceptul global despre îmbunătăţirea situaţiei energetice şi a celei privind mediul. A fost constituit un comitet central în sediul mondial din St. Paul, Minnesota şi subcomitete în fiecare unitate productivă. În comitetul central şi în subcomitetele din Marea Britanie sunt reprezentate toate funcţiile.

Comitetul central din Marea Britanie cuprinde:

- manager al departamentelor Energy Environmental şi Services Engineering (preşedinte) ;
- contabil;
- manager de la sediul central, responsabil al departamentului de inginerie ;
- manager de divizie, responsabil al departamentului de inginerie ;
- manager de producţiei ;
- inginer de întreţinere ;
- conducător al departamentului relaţii cu publicul.

Funcţia comitetului este de a facilita schimburi de informaţii între sediul central din St. Paul, Minnesota şi Marea Britanie şi de a direcţiona şi evalua performanţele din Marea Britanie.

Fiecare unitate are un subcomitet format din:

- inginer şef de fabrică;
- manager de producţie ;
- inginer de proces ;
- manager de întreţinere ;
- inginer de la sediul central ;
- inginer de divizie .

Funcţia subcomitetului este de a stabili nivelurile optime de consum energetic al fabricii şi programele energetice, de a raporta conducerii fabricii progresul realizat, pe baza programelor stabilite, de a controla economiile şi de a raporta comitetului central.

Când, în 1973/74, criza energetică a lovit compania, inginerii au fost făcuţi răspunzători pentru controlarea costurilor. În condiţiile preţurilor crescute ale energiei ei trebuie să găsească metode şi scheme pentru a menţine costurile la nivel scazut. S-a realizat că în perioada anterioară nimeni nu a examinat cu adevărat costul energiei, pentru că era ieftină şi nu a influenţat deciziile ce erau luate cu privire la procesele de producţie, în măsura în care ar fi trebuit. Această ignorare anterioară a produs o rezervă a oportunităţilor de economisire a energiei, care poate fi exploatată.

Fiecare investiţie făcută de 3 M în eficienţa energetică şi în protecţia mediului a fost profitabilă.

4. Importanţa managerilor energetici

Managerii energetici sunt responsabili de conducerea procesului de management energetic. Ei nu ar trebui să fie, aşa cum sunt de multe ori, "persoana responsabilă cu economisirea energiei". Managementul de vârf trebuie să aranjeze structurile şi stimulentele astfel încât fiecare membru al personalului unei întreprinderi să fie motivat să devină manager eficace al consumului de energie, în cadrul ariei lui de responsabilitate, fie că aceasta este o maşină individuală, fie un întreg complex industrial.

În multe organizaţii din întreaga lume, chiar şi în România şi în alte ţări central şi est europene, eficienţa energetică a fost privită ca o problemă tehnică, mai curând decât ca o problemă managerială, iar responsabilii energetici au fost în

primul rând persoane tehnice în ceea ce priveşte pregătirea şi modalitatea de lucru.

Pentru dezvoltarea sa din punct de vedere economic, România trebuie să-şi îmbunătăţească eficienţa energetică, pentru a reduce nivelul actual al consumului, care este de trei până la patru ori mai mare pe unitatea de produs decât în ţările OECD. Suma cheltuită de România pentru energie este estimată la 3 miliarde de dolari pe an, iar îmbunătăţirea managementului energetic ar putea aduce economii de 20 %, echivalentul 0,6 miliarde de dolari pe an. Pe lângă pierderile de energie, ineficienţa actuală costă şi ea ţara sute de milioane, prin producţia scăzută, cauzată de problemele furnizării energiei, necesitatea de a folosi valuta forte pentru a importa combustibili, poluarea excesivă a mediului şi efectele negative asupra sănătăţii şi bunăstării, cauzate de deficienţa serviciilor de termoficare. Intreprinderile ce adoptă calea managementului energetic şi a managerilor bine instruiţi şi motivaţi pot contribui la diminuarea acestor pierderi colosale de resurse fizice, financiare şi umane, şi pot ajuta la creşterea profiturilor sau îmbunătăţirea serviciilor propriei organizaţii. Mai mult, managerii energetici mai activi şi mai eficace vor promova creşterea pieţei de echipament de eficienţă energetică, care în alte ţări s-a dovedit a fi eficace în ceea ce priveşte crearea locurilor de muncă.

Măsurile specifice, care pot fi luate pentru promovarea managementului energetic, sunt:

- stabilirea unei legi care cere întreprinderilor, care au un nivel de consum de energie situat deasupra unui anumit nivel, să angajeze manageri energetici calificaţi;
- stabilirea unui sistem standard cunoscut de calificare şi certificare pentru managerii energetici (ambele măsuri sus-menţionate au fost folosite cu efecte bune în Japonia şi Thailanda, iar Marea Britanie a introdus, de curând, un sistem de calificare standard);
- introducerea managementului în energetică ca tematică a cursurilor universitare, atât în cazul cursurilor cu profil tehnic, cât şi al celor cu profil de management;
- lansarea unui program pentru promovarea eficienţei managementului energetic la persoanele cu putere de decizie din întreprinderi, unităţi industriale, autorităţi locale şi la nivel de guvern (acest lucru ar putea fi întreprins cu ajutorul fondurilor de asistenţă tehnică provenite de la programul Phare al UE);
- formarea unor grupuri de manageri în domeniul energetic la nivel regional, în forma unor forumuri pentru schimb de informaţii şi training (acestea ar putea fi legate de filialele teritoriale ale ARCE, iar fondurile reduse necesare ar putea proveni de la programul Synergy al UE).

Managerii energetici reprezintă o resursă vitală, care, ca orice resursă, este necesar a fi dezvoltată, menţinută şi îmbunătăţită. De aceea, este necesar ca promovarea managementului energetic şi a managerilor energetici să reprezinte o prioritate a factorilor de decizie la toate nivelurile în guvern, parlament, industrie şi sectorul public. O investiţie în managerii energetici va crea un profit considerabil, atât pentru întreprinderile particulare, cât şi pentru România.

BIBLIOGRAFIE

[1] Langrish, J. *The effects of technological change, in Industrial Innovation: technology, policy and diffusion.* Ed. Baker, M. Macmillan, London , 1979

[2] Checkland, P.B. *Towards a systems based methodology for real world problem solving in Systems Behaviour*, eds. Beishon, J. & Peters, G. Open University Press, 1976

[3] Checkland, P.B. *Systems thinking, systems practice* John Wiley & Sons, Chicester , 1981

[4] Fawkes, S.D. *The potential for energy conserving capital equipment in UK industries.* PhD thesis, University of Stirling, 1984

[5] Drucker, P.F. *Management*, 1964

[6] Hewgill, J., Jacques, J.K., Lam S.S. and Swenson, F.R. *A study of the feasibility of energy costing and energy accounting models for management.* TERU Discussion Paper No. 15, University of Stirling, 1979

[7] Jacques, J.K. *Investment decisions and energy conservation within the firm.* TERU Discussion Paper No. 28, University of Stirling, 1981

[8] Roberts, M.C. *The key principles of energy management.* Prezentată la cursul susţinut la Institution of Chemical Engineers Continuing Education, "Energy Management in the Process Industries", University of Sheffield, 19-22 April 1983

[9] Murphy, W.R. and McKay, G. *Energy management.* Butterworths, Sevenoaks, 1981

[10] Finer, E. (1984)

[11] Energy Efficiency Office *Waste avoidance methods,* Fuel Efficiency Booklet 13, 1995 (Tradus în limba română)

[12] Baker, M.J. *Market development.* Penguin, Harmondsworth, Middlesex, 1983

Referent: ing. Vasile Rugină - GSCI - Centrul de Cercetare

(Primit la 20 noiembrie 1996, acceptat la 20 ianuarie 1997)

EVALUAREA POTENȚIALULUI DE CONSERVARE A ENERGIEI ÎN CAZUL MARILOR CONSUMATORI INDUSTRIALI. POSIBILITĂȚI DE VALORIFICARE

ing. ȘTEFAN MARIN; ing. OANA POPESCU; ing. DOINA HOTOPELEANU; ing. GEORGETA NEAGOE *

Lucrarea prezintă o analiză detaliată a tehnologiilor mari consumatoare de energie utilizate în industria românească, din punctul de vedere al evoluției consumurilor specifice și totale de energie.

Au fost selectate, pe baza unei ierarhizări prealabile, următoarele 15 tehnologii industriale mari consumatoare de energie, care reprezintă circa 40 % din consumul de energie al industriei: producerea amoniacului, a fontei, prelucrarea țițeiului, fabricația aluminiului, a cimentului, a sodei, a laminatelor din oțel, a oțelului, prelucrarea lemnului, fabricația celulozei și hârtiei, a aglomeratului feros, producerea îngrășămintelor chimice, a cocsului metalurgic, a metanolului și a geamului.

Pentru aceste tehnologii se face o evaluare a potențialului tehnic de conservare a energiei, luând în considerare următoarele niveluri de referință: reabilitarea instalațiilor (atingerea parametrilor de proiect), modernizarea, retehnologizarea și nivelul tehnologic mediu realizat pe plan mondial pentru tehnologii similare.

Se face, de asemenea, o evaluare a costurilor de investiție implicate în cazul realizării programului de modernizări propus, cu estimarea efectelor în ceea ce privește reducerea consumurilor specifice de energie și duratele de amortizare a investițiilor.

Concluziile lucrării indică un potențial tehnic de conservare - cazul tehnologiilor industriale mari consumatoare - de circa 30 - 50 %, care într-o primă etapă poate fi valorificat parțial prin modernizări cu investiții rezonabile.

The paper submits a detailed analysis of the energy intensive technologies which are utilized in the Romanian industry in terms of the evolution of the specific and total energy consumptions.

On the basis of a previously established ranbing, there have been selected 15 industrial energy intensive technologies, which account for 40 % of the indastrial energy consumption: the ammonia and cast iron production process, the crude oil processing industry, the aluminium, cement, soda and rolled steel manufacturing industry wood processing industry paper and pulp production, ferrous agglomerate manufacturing industry, chemical fertilizers, metallurgical coke, methanol and glass manufacturing industry.

The technical potential of these technologies in terms of energy conservation was assessed taking into consideration the folowing reference levels: the installations rehabilitation (to reach the design parameters), the installations upgrading and retrofiting and finally the average technological level attained by similar technologies worldwide.

The investment cost necessary for the proposed upgrading propramme has also been assessed. In addition there have been determined the effects relating to the reduction of the specific energy consumptions ond to the investment payback periods, as well.

Descriptori: conservarea energiei, consumatori industriali

Introducere

În cadrul procesului de planificare integrată a resurselor problema utilizării eficiente a energiei ocupă un rol primordial, strategia valorificarii potențialului de conservare - în special în cazul marilor consumatori de energie - constituind, pe plan mondial, o abordare extrem de eficientă a realizării echilibrului dintre resursele de energie și consum.

În România, țară a cărei economie este caracterizată de valori foarte ridicate ale energointensității, această problemă trebuie să constituie obiectivul principal al factorilor de

* RENEL - GSCI - Centrul de Studii, București

decizie în domeniul energetic, atât la nivel macroeconomic, cât şi la nivelul furnizorilor de energie.

Analiza evoluţiei şi structurii consumului de energie în România în perioada 1989 - 1995 (tabelul 1) conduce la următoarele concluzii:

a. Deşi valoarea totală a consumului de energie s-a redus ca urmare a declinului economic, consumurile energetice specifice au înregistrat, în cele mai multe cazuri, creşteri datorate funcţionării instalaţiilor în regimuri nenominale (sarcini parţiale, porniri - opriri numeroase).

b. Structura consumului de energie nu a suferit modificări majore faţă de situaţia - la nivel macroeconomic - dinainte de 1989, industria menţinându-şi pozitia de consumator principal (fig.1) cu o pondere de 63,7 % în consumul energetic total la nivelul anului 1995 (77,1 % în 1989).

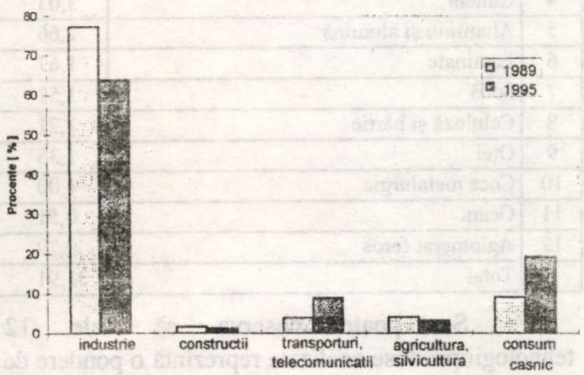


Fig. 1. Structura consumului de energie în România în 1995 faţă de 1989.

Energointensitatea ridicată şi structura consumului energetic s-au menţinut şi după 1989 ca urmare a subevaluării - în continuare - a costului energiei, corelate cu lipsa de acţiune în sensul restructurării economice.

Subevaluarea costului energiei a constituit unul dintre factorii care au favorizat realizarea (înainte de 1989) şi menţinerea în funcţiune (după 1989) a unor giganţi industriali care utilizează tehnologii cu uzură morală (concepţie la nivelul anilor '60 - '70) şi fizică avansate, caracterizate prin consumuri specifice de energie foarte mari şi care produc mărfuri cu valoare adăugată redusă.

Subvenţionarea costului energiei stimulează, în acest fel, producerea şi exportul unor produse care înglobează cantităţi uriaşe de energie, falsificând premisele concurenţei pe piaţa internaţională.

S-a ajuns, ca urmare, la situaţii paradoxale în care se înregistrează exporturi implicite de energie (prin produse energofage) în condiţii de criză a resurselor interne de energie primară.

Evaluarea corectă a costului energiei poate constitui amorsa creşterii interesului consumatorilor de energie în direcţia valorificării eficiente a energiei, prin valorificarea potenţialului de conservare care, în cazul României, înregistrează valori de circa 30 ÷ 50 % în domeniul industrial.

În contextul prezentat evaluarea potenţialului de conservare a energiei în cazul marilor consumatori industriali şi a posibilităţilor de valorificare a acestui potenţial devine o problemă de

Tabelul 1

Evoluţia şi structura consumului de energie pentru anii 1989 - 1995

	1989		1990		1991		1992		1993		1994		1995	
	[PJ]	[%]	[PJ]	[%]	[PJ]	[%]	[PJ]	[%]	[PJ]	[%]	[PJ]	[%]	[PJ]	[%]
Consum: din care:	3069,9	100,0	2628,6	100,0	2164,9	100,0	1936,8	100,0	1890,3	100,0	1713,2	100,0	1758,9	100,0
Industrie	2367,3	77,1	1924,2	73,2	1443	66,7	1220,4	63,0	1141,4	60,4	1072,5	62,6	1120,7	63,7
Construcţii	51,7	1,7	44,8	1,7	26,2	1,2	19,7	1,0	18,6	1,0	23,7	1,4	23,7	1,3
Transporturi, telecomunicaţii	119,8	3,9	113,6	4,3	106,5	4,9	179,3	9,3	154,6	8,2	155,6	9,1	158,8	9,0
Agricultură, silvicultură	126,2	4,1	110,7	4,2	103,6	4,8	79,5	4,1	65,7	3,5	49,1	2,9	56,3	3,2
Consum populaţie	283,2	9,2	349	13,3	348,6	16,1	399,5	20,6	354,6	18,8	351,5	20,5	338,7	19,3

Sursa: Anuarul statistic al României şi Balanţa energetică

interes economic național care trebuie tratată sistemic ca parte integrată a strategiei de planificare integrată a resurselor.

Rezultatele analizelor având aceste obiective trebuie să constituie informații de bază - la nivel decizional - pentru stabilirea priorităților în orientarea corectă a resurselor financiare disponibile.

1. Tehnologii şi consumatori cu pondere majoră în consumul de energie. Identificare şi ierarhizare

Abordarea identificării şi ierarhizării tehnologiilor/consumatorilor cu pondere majoră în consumul de energie s-a bazat pe observația că, în cadrul consumului industrial de energie, există un număr suficient de restrâns de tehnologii/consumatori care reprezintă o pondere substanțială din punctul de vedere al consumului, focalizarea analizei pe aceşti consumatori permițând sesizarea tendințelor de evoluție a consumului de energie pentru diferite orizonturi.

Astfel, pe baza acestei ipoteze confirmate în cadrul analizei, a fost posibilă restrângerea şi adâncirea analizei de la un număr imens de tehnologii/consumatori la cazurile identificate drept consumatori industriali reprezentativi, al căror comportament energetic poate influența semnificativ evoluția consumului total de energie al României.

Semnificativ în acest sens, la nivel de ramură, este faptul că industria metalurgică împreună cu industria chimică şi cu cea de prelucrare a țițeiului cumulează circa 50 % din consumul industrial total de energie, toate trei fiind caracterizate prin concentrarea producției în câteva unități-gigant industriale.

Analiza consumului de energie - total şi specific - s-a realizat luând în considerare valorile totale obținute prin cumularea consumurilor de combustibili, energie electrică şi energie termică şi exprimate în echivalent energie primară (cu randamentele de conversie corespunzătoare).

Pentru obținerea datelor necesare la realizarea studiului s-a recurs la metoda culegerii directe a informațiilor de la consumatorii industriali pe bază de chestionar/discuții, la nivel de manager/coordonator energetic.

Acțiunea de evaluare a potențialului de conservare nu a fost definitivată în domeniul construcțiilor de maşini, datorită multitudinii tehnologiilor utilizate în realizarea unui produs, şi în domeniul prelucrării petrolului, datorită dificultăților întâmpinate în obținerea datelor solicitate. Ca urmare, acestea nu au fost prinse în rezultatele analizei finale.

Ierarhizarea tehnologiilor/produselor mari consumatoare de energie şi ponderile corespunzătoare în consumul industrial total, rezultate ca urmare a analizei efectuate pentru anul 1995, sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Ierarhizarea tehnologiilor/produselor mari consumatoare de energie (1995)

Nr. crt.	Tehnologie/produs	Pondere în consum industrie [%]
1	Fontă	7,82
2	Amoniac şi îngrăşăminte chimice cu azot	7,42
3	Prelucrare țiței	3,50
4	Ciment	3,03
5	Aluminiu şi alumină	2,66
6	Laminate	1,67
7	Sodă	1,51
8	Celuloză şi hârtie	1,21
9	Oțel	1,35
10	Cocs metalurgic	1,00
11	Geam	0,51
12	Aglomerat feros	0,29
	Total	31,91

Se poate observa că cele 12 tehnologii/produse analizate reprezintă o pondere de 31,91 % din totalul consumului industrial de energie, jumătate din această pondere fiind constituită din numai două tehnologii: producerea fontei şi a amoniacului . Alte tehnologii, deşi sunt deosebit de energointensive, prin valoarea totală a energiei consumate nu reprezintă ponderi semnificative.

Consumatorii reprezentativi de energie selectați sunt cei prezentați în tabelul 3, grupați după criteriul tehnologiei utilizate. Se remarcă, din punctul de vedere al energiei totale consumate, SIDEX Galați şi SIDERURGICA Hunedoara care, numai la producerea fontei utilizează 6,45 % şi respectiv 1,2 % din energia consumată în sectorul industrial în 1995, AZOMUREŞ Târgu Mureş (cu 1,88 % la producerea amoniacului), ALRO Slatina (1,68 % pentru producerea aluminiului) şi DOLJCHIM Craiova (1,05 % la producerea amoniacului).

Tabelul 3

Centralizator cu caracteristicile de producţie, consum de energie şi potenţial de conservare a energiei la marii consumatori

Nr. crt.	Produs/tehnologie	Producţie 1995	Pondere în producţia pe ţară	Consum specific energie totală 1995	Consum total energie 1994	Pondere în consum industrial	Potenţial conservare total/ Potenţial conservare energie electrică [%/ %]			Investiţie specifică pe unitate de energie economisită
		[mii tone]	[%]	[MJ/t]	[TJ]	[%]	prin modernizări	prin reabilitări (proiect)	faţă de media mondială	[$/GJ]
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	**Fontă**									
	-SIDEX Galaţi	3630	86,4	20866	69190	6,450	4,7 / -	- / 46,5	30,0 / -	0,580
	-SIDERURGICA Hunedoara	452	11,0	27592	12847	1,200	-	23,9/40,0	48,4 / -	-
	Pondere în producţie pe ţară		97,4							
	Pondere în consum industrial					7,650				
2	**Amoniac**									
	-Kellog-DOLJCHIM Craiova	270	14,9	46143	11311	1,050	8,2/-	10,2/92,0	30,2/-	2,400
	-Kellog-NITRAMONIA Făgăraş	112	6,2	48481	3639	0,340	9/-	14,5/82,2	33,5/-	1,550
	-Kellog-AZOMUREŞ Târgu Mureş	458	25,3	45138	20149	1,880	-	8,1/66,7	28,6/-	-
	-Salzgitter AZOCHIM Piatra Neamţ	53	2,9	80273	3555	0,330	10,0/34,0	40,4/90,0	65,2/-	4,970
	Pondere în producţie pe ţară		49,3							
	Pondere în consum industrial					3,600				
3	**Ciment - linii de 3000 t cl/zi**									
	- CASIAL Deva	442	5,8	5545	2490	0,230	0,3/0,1	26,8/21,8	43,0/28,8	6,650
	- MOLDOCIM Bicaz	940	12,4	4691	4243	0,400	2,0/1,0	13,4/3,5	32,8/12,4	5,390
	- ROMCIM Medgidia	1013	13,4	4745	5088	0,470	20,0/8,5	14,4/7,7	33,5/16,2	3,550
	- ROMCIM Fieni	1240	16,4	3642	5012	0,470	31,7/-	9,6/2,7	29,8/11,7	0,033
	- ROMCIM Hoghiz	893	11,8	4636	3282	0,310	0,4/1,3	12,4/8,0	24,0/16,5	1,780
	Ciment - linii de 800 t cl/zi									
	- CIMUS Câmpulung	800	10,6	4402	3402	0,320	2,2/2,6	2,1/19,7	20,2/26,2	2,910
	- ROMCIM Târgu Jiu	1019	13,5	3889	3499	0,330	7,4/5,5	-/4,6	9,6/10,0	2,920
	- ROMCIM Aleşd	492	6,5	5929	2477	0,230	-	26,3/27,6	40,7/-	-
	- ROMCIM Medgidia	370	5,5	5206	1924	0,180	-	17,6/18,0	32,8/-	-
	Pondere în producţie pe ţară		95,9							
	Pondere în consum industrial					2,940				
4	**Aluminiu şi alumină**									
	ALUMINIU - ALRO Slatina	141	97,0	156263	18067	1,680	6,8/6,8	6,0/6,0	7,5/7,5	0,640
	ALUMINA - ALOR Oradea	107	33,0	35187	3669	0,340	-	-	-	-

Tabelul 3 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	**Laminate**									
	Tablă laminată la rece									
	- SIDEX Galaţi	443	87,6	3438	1408	0,130	26,0/36,5	30,8/-	29,1/-	-
	Tablă laminată la cald									
	- SIDEX Galaţi	1280	47,8	3985	5591	0,520	-	-	-	-
	Tablă groasă									
	- SIDEX Galaţi	1348	58,0	3314	4304	0,400	23,0/-	0	4,0/-	-
	- COS Târgovişte	22	-	9504	104	0,010	-	-	-	-
	Pondere totală în consum industrial					1,060				
6	**Semifabricate laminate**									
	- SIDERURGICA Hunedoara	614	12,4	601	347	0,030	-	-	-	-
	- SIDERURGICA Hunedoara - **L 650**	145	2,9	5240	767	0,070	9/ -	-	76,7/-	2,270
	- SIDERURGICA Hunedoara - **Bluming**	813	16,4	2900	2568	0,240	3,5/1,0	14,0/-	-	0,700
	- COS Târgovişte	494	10,0	3921	2221	0,210	-	-	69,0/-	-
	Pondere în producţie pe ţară		41,7							
	Pondere în consum industrial					0,550				
7	**Leşie caustică electrolitică**									
	- OLTCHIM Rm. Vîlcea - 200 kA	49	-	42976	1765	0,160	-	0	-	-
	- OLTCHIM Rm. Vîlcea - 400 kA	133	-	40473	5407	0,500	-	0	-	-
	Ponderea în consum industrial					0,660				
8	**Celuloză şi hârtie**									
	Celuloză									
	- CELHART Zărneşti	12	5,1	48673	483	0,050	-	0	38,8/-	-
	- PERGODUR Piatra Neamţ	9	4,0	30654	283	0,030	4,0/10,0	0	5,0/-	0,320
	- LETEA Bacău	26	10,9	21872	586	0,050	-	0	0	-
	- COMCEH Călăraşi	10	4,2	38391	286	0,030	20,3/11,3	0	22,4/-	-
	-SOMEŞ Dej	57	24,5	27074	968	0,090	13,1/30,0	0	0	2,430
	Pondere în producţie pe ţară		48,7							
	Pondere în consum industrial					0,250				
	Hârtie									
	- SOMEŞ Dej	39	13,6	18529	547	0,050	-	-	0	-
	- COMCEH Călăraşi	11	3,8	31207	247	0,020	22,5/12,2	24,0/-	40,0/-	-
	- LETEA Bacău	14	4,7	34504	466	0,040	-	-	45,9/-	-
	- PERGODUR Piatra Neamţ	10	3,4	47593	528	0,050	-	-	60,8/-	-
	- CELHART Zărneşti	6	2,1	23539	165	0,020	-	16,4/0	20,6/-	-
	- AMBRO Suceava	61	21,0	21997	671	0,060	-	0	35,2/-	-
	- PALAS Constanţa	8	2,6	28793	104	0,010	-	17,6/18,2	35,1/-	-
	Pondere în producţie pe ţară		51,2							
	Pondere în consum industrial					0,250				
	Hârtie de ziar									
	- LETEA Bacău	47	100,0	43095	2168	0,202	-	19,5/6,2	55,0/-	-

Tabelul 3 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Pondere totală în consum industrial					0,702				
9	**Oţel brut**									
	Oţel electric									
	- SIDERURCICA Hunedoara	189	13,0	8746	1666	0,160	26,3/4,2	10,0/13,0	-/26,0	4,340
	- COS Târgovişte	385	26,0	9205	4188	0,390	21,7/23,4	14,4/18,4	-/35,0	0,940
	- SIDERURGICA Călăraşi	178	12,0	9457	1342	0,130	2,9/33,6	12,7/16,3	-/36,6	4,240
	- SIDEX Galaţi	55	3,7	9327	534	0,050	-	15,5/18,5	-/13,3	-
	Pondere în producţie pe ţară		54,7							
	Pondere în consum industrial					0,730				
	Oţel de convertizor									
	- SIDEX Galaţi	4133	100,0	498	1821	0,170	-	-	-	-
	Oţel Martin									
	- SIDERURGICA Hunedoara	810	84,0	3885	2881	0,270	-	-	-	-
	Pondere totală în consum industrial					1,170				
10	**Cocs metalurgic**									
	- SIDEX Galaţi	2415	76,8	3980	8794	0,820	10,0/-	-	35,0/-	0,370
	- SIDERURGICA Hunedoara	370	11,2	4591	1718	0,160	-	-	-	-
	- SIDERCA Călăraşi	384	12,0	2586	660	0,060	-	-	-	-
	Pondere în producţie pe ţară		100,0							
	Pondere în consum industrial					1,040				
11	**Geam**									
	Geam tras									
	- GEROMED Mediaş	14560 *	40,2	108 **	1512	0,140	14/-	27,4/-	49,0/-	0,090
	- GEROM Buzău	6556 *	18,1	113 **	215	0,020	-	29,7/-	51,4/-	-
	Pondere în producţie pe ţară		58,3							
	Pondere în consum industrial					0,160				
12	**Aglomerat feros**									
	- SIDEX Galaţi	5374	-	492	2170	0,202	-	-	-	-
	- SIDERURGICA Hunedoara	773	-	814	853	0,080	-	-	-	-
	Pondere în consum industrial					0,282				
	Total					21,834				

* mii m^2 ** MJ/ mii m^2

SIDEX consumă în plus pentru laminate (tablă laminată la rece şi la cald şi tablă groasă) circa 1,05 % din consumul industrial total şi 0,82 % pentru cocsul metalurgic.

Datele parţiale disponibile indică marile rafinării de petrol drept consumatori notabili de energie : PETROBRAZI (0,74 %), PETROMIDIA Năvodari (0,78 %), ARPECHIM Piteşti (0,65 %), PETROTEL Teleajen (0,8 %) şi RAFO Oneşti (0,5 %).

Urmează producătorii de ciment (Deva, Bicaz, Fieni, Medgidia, Hoghiz, Câmpulung, Târgu Jiu, Aleşd) şi de oţel electric (Târgovişte, Hunedoara, Călăraşi) cu ponderi sub 0,5 %. Celuloza, hârtia şi geamul, deşi sunt materiale energointensive, au ponderi mai reduse în consumul industrial total.

Aceste tehnologii cu pondere majoră în consumul de energie implică costuri extrem de ridicate plătite pentru energie, care se reflectă în costul final al produsului. Analizând structura costurilor de producţie se poate constata că energia reprezintă circa 70 - 80 % în costul de producere a amoniacului, 40-50 % în cazul producerii cimentului şi 45 % la producerea aluminei (tabelul 4).

Tabelul 4

Ponderea costului energiei în costul total al produselor realizate pe baza tehnologiilor mari consumatoare de energie din industrie

Nr. crt.	Tehnologie/produs-consumator	Ponderea costului energiei în costul de producţie [%]
1	**Aluminiu:**	
	- ALRO Slatina	17,0
2	**Alumina:**	
	- ALOR Oradea	45,0
3	**Ciment**	
	- CASIAL Deva	42,1
	- MOLDOCIM Bicaz	47,3
	- ROMCIF Fieni	44,4
	- ROMCIM Hoghiz	40,0
	- ROMCIM Alesd	40,0
	- CIMUS Câmpulung	41,7
4	**Amoniac:**	
	- DOLJCHIM Craiova	80,0
	- AZOCHIM Piatra Neamţ	78,0
	- NITRAMONIA Făgăraş	76,0
	- AZOMUREŞ Târgu Mureş	68,0
5	**Sodă electrolitică (leşie)**	
	- OLTCHIM Râmnicu Vâlcea	71,4 - 73,2
6	**Oţel electric**	
	- COS Târgovişte	15,5
7	**Laminate semifabricate**	
	- SIDERURGICA Hunedoara	25,0
8	**Prelucrare ţiţei**	
	- PETROBRAZI	13,0
	- PETROMIDIA Năvodari	11,0
9	**Celuloză, hârtie**	
	- SOMEŞ Dej	25,0
	- COMCEH Călăraşi	23,0
	- CELHART Zărneşti	20,0
	- AMBRO Suceava	20,0
10	**Geam**	
	- GEROMED Mediaş	29,3
	- GEROM Buzău	50,0

Tarifarea corectă a energiei va penaliza drastic aceste tehnologii şi consumatorii care le utilizează, în cazul în care nu se vor aplica măsuri de reducere a consumurilor specifice de energie.

3. Evaluarea potenţialului tehnic de conservare şi a posibilităţilor de valorificare pentru consumatorii de energie selectaţi

Strategiile de reducere a consumului de energie prevăd în general două componente principale, şi anume: realizarea unor modificări structurale care vizează reducerea ponderii industriilor energointensive (chimie, metalurgie, ciment, aluminiu) şi promovarea unor măsuri de conservare a energiei, cu prioritate în cadrul tehnologiilor cu rezerve mari, acolo unde prin investiţii moderate se pot obţine efecte spectaculoase.

Conservarea propriu-zisă a energiei, realizabilă prin creşterea eficienţei energetice, care duce la reducerea consumurilor specifice de combustibil, energie electrică şi energie termică, se realizează la nivel mondial prin programe de conservare care se desfăşoară în general în trei etape:

1. Reducerea consumului de energie prin aplicarea unor măsuri de îmbunătăţire a managementului energiei, fără afectarea tehnologiei de bază.

2. Reducerea consumului de energie prin investiţii parţiale, în scopul îmbunătăţirii performanţelor echipamentelor consumatoare de energie pe baza tehnologiei existente.

3. Reducerea substanţială a consumului de energie prin schimbări esenţiale ale echipamentului şi tehnologiei existente, la care se adaugă noi tehnologii de recuperare a energiei. În mod normal, datorită investiţiilor mari necesare, se parcurg succesiv toate cele trei etape, o etapă urmând celei anterioare după amortizarea investiţiei realizate.

Prin urmare, determinarea domeniilor prioritare reprezentând consumatori - tehnologii/produse cu potenţial ridicat de creştere a eficienţei energetice şi evaluarea acestui potenţial reprezintă primul obiectiv într-o strategie de conservare a energiei. Trebuie subliniat faptul că diversitatea tehnologiilor industriale face ca realizarea unei strategii globale de creştere a eficienţei energetice în industrie să fie extrem de dificilă. Această creştere se poate obţine prin

tehnologii revoluționare, care elimină etape întregi ale procesului de fabricație, sau prin însumarea mai multor îmbunătățiri mărunte, care conduc la un efect cumulat major.

Conceptul de **potențial tehnic de conservare a energiei** se definește ca reprezentând diferența dintre performanțele energetice actuale (realizate) ale unei tehnologii/consumator (consumurile specifice energetice) și performanțele energetice care s-ar obține prin perfecționarea acestei tehnologii sau prin aplicarea unei tehnologii superioare, existente pe plan mondial, care nu se poate aplica în momentul analizei datorită unor obstacole de ordin economic, tehnic sau comercial.

Potențialul tehnic - conform acestei definiții - se poate referi în general la :

a - performanțele de proiect ale tehnologiei existente (reabilitare) sau care pot fi obținute prin modernizări;

b - performanțele unor tehnologii actuale, superioare (retehnologizări);

c - performanțele tehnologiilor avansate, în curs de aplicare (cu cercetări aflate în stadii finale, aproape de comercializare).

În lucrarea de față potențialul tehnologic se referă la punctele (a) și (b), performanțele realizate de tehnologiile românești fiind în cele mai multe cazuri inferioare performanțelor nominale (de proiect) sau celor medii obținute la nivel mondial.

Pentru consumatorii/tehnologiile semnificative din punctul de vedere al ponderii consumului energetic în valoarea totală a consumului industrial a fost evaluat - sub formă procentuală - potențialul tehnic de conservare a energiei prin determinarea ecartului, la nivelul anului 1995, dintre consumul specific de energie înregistrat efectiv și consumul specific care se estimează a fi obținut prin modernizări, reabilitări (atingerea parametrilor de proiect) sau retehnologizări (prin aplicarea unei tehnologii de nivel mediu în țările dezvoltate).

Programele de modernizare sunt cele propuse chiar de marii consumatori (punere în funcțiune a instalațiilor modernizate în anul 2000).

Investiția specifică pe unitatea de energie economisită s-a calculat numai în cazul modernizărilor, estimând o durată medie de funcționare a instalației modernizate (deci cu consumuri reduse de energie) de circa 10 ani.

În ceea ce privește potențialul tehnic de conservare a energiei se constată următoarele:

a. Față de consumurile specifice de proiect valorile înregistrate în cursul anului 1995 sunt mai mari cu 10 - 50 %, numai în câteva cazuri (fabricarea sodei și a celulozei și hârtiei) consumurile fiind sub valorile nominale.

Ecartul poate fi redus numai parțial, prin încărcarea capacităților existente la sarcini nominale, diferența nefiind recuperabilă datorită uzurii fizice și morale a instalațiilor.

b. Față de consumurile înregistrate de tehnologiile similare de nivel mediu din țările avansate, potențialul de conservare oscilează între 30 - 50 %, cu unele excepții în plus (amoniac Salzgitter - AZOCHIM Piatra Neamț, semifabricate - SIDERURGICA Hunedoara și COS Târgoviște și hârtie - PERGODUR Piatra Neamț) sau în minus (aluminiu - ALRO Slatina).

Se poate evidenția, de altfel, că una dintre puținele tehnologii performante este cea de fabricare a aluminiului, care se apropie foarte mult de media mondială.

Ca urmare, o acțiune de retehnologizare pe baza unor tehnologii de nivel mediu ar duce la valorificarea acestui potențial substanțial de conservare. Deoarece astfel de acțiuni necesită investiții uriașe, nu se întrevede pe termen scurt și chiar mediu - o reducere de acest ordin de mărime (30 - 50 %) a consumurilor specifice de energie.

c. Față de consumurile specifice înregistrate ca urmare a realizării programelor de modernizări propuse de marii consumatori, se constată o valoare a potențialului de conservare a energiei de 5 - 20 %, cu unele excepții care propun cifre mai mari (ROMCIF Fieni - 31,7 %, SIDERURGICA Hunedoara - 26,3 %).

În cazul consumatorilor principali de energie, valorile sunt ceva mai ponderate (5-10%).

Se consideră, pe baza acestor date, că până în anul 2000 se poate valorifica în mod cert, prin modernizări, un potențial de conservare de circa 5 - 10 %.

Din păcate, în cadrul modernizărilor propuse pentru marii consumatori de energie, cu orizont

2000, nu se regăsesc măsuri de promovare a unor tehnologii cu eficienţă ridicată, bazate pe utilizarea energiei electrice, care să înlocuiască arderea unor combustibili convenţionali.

Se impune, în acest sens, o acţiune intensă de promovare a unor astfel de tehnologii, cu valorificare prin transfer tehnologic, pe baza unui program de inventariere/informare/promovare a acestora, ca o componentă esenţială a planificării integrate a resurselor.

În ceea ce priveşte valorile investiţiei specifice pe unitatea de energie economisită, se constată, analizând datele din tabelul 3, că modernizările propuse de consumatorii de energie cei mai importanţi (SIDEX Galaţi - fontă, DOLJCHIM Craiova şi NITRAMONIA Făgăraş - amoniac, ALRO Slatina - aluminiu) sunt deosebit de eficiente, obţinându-se valori mai mici sau apropiate de 2$/GJ economisit. Valori ceva mai mari se înregistrează în cazul tehnologiei de fabricare a cimentului (2-6 $/GJ) şi a oţelului electric (4,24 - 4,34 $/GJ la Călăraşi şi Hunedoara).

Pe baza corelării informaţiilor referitoare la potenţialul de conservare şi la eficienţa investiţiei necesare valorificării acestui potenţial se poate realiza o orientare optimă a investiţiilor în cadrul programelor de reabilitare/ retehnologizare a industriei.

Concluzii

Pe baza datelor prezentate se impun următoarele concluzii:

1. Deşi se constată unele modificări structurale la nivel macroeconomic, ponderea industriei în consumul total de energie ridicându-se de la 77,1 % (1989) la 63,7 % (1995), industria rămâne în continuare consumatorul principal de energie, fiind urmată - la mare distanţă (19,3 %) - de consumul populaţiei.

2. Conjuncturа economică generală din România pentru perioada analizată constituie un cadru nefavorabil din punctul de vedere al performanţelor energetice, în general, şi a celor din industrie, în special. Tehnologiile utilizate în industria românească sunt caracterizate de o uzură fizică şi morală avansată şi de consumuri specifice de energie mult mai mari decât cele ale tehnologiilor similare utilizate în ţările dezvoltate.

3. Determinarea şi ierarhizarea marilor consumatori de energie a permis gruparea acestora în cadrul a douăsprezece tehnologii care reprezintă circa 32 % din consumul industrial total, în echivalent energie primară.

Producerea fontei, a amoniacului şi a îngrăşămintelor chimice cu azot reprezintă peste 15 % din consumul industrial total, încă 9,15 % fiind realizate de prelucrarea ţiţeiului, ciment şi aluminiu. Laminatele, soda, oţelul, celuloza şi hârtia, cocsul metalurgic, geamul şi aglomeratul feros reprezintă împreună circa 7,5 %.

4. Între consumatorii de energie se remarcă SIDEX Galaţi şi SIDERURGICA Hunedoara (6,45 % şi respectiv 1,2 % din consumul industrial total, numai pentru producerea fontei), AZOMUREŞ Târgu Mureş (1,88 % pentru producerea amoniacului), ALRO Slatina (1,68 % pentru producerea aluminiului) şi DOLJCHIM Craiova (1,05 % pentru producerea amoniacului).

5. Evoluţia consumului de energie în cazul acestor tehnologii/consumatori energofagi determină hotărâtor evoluţia consumului industrial şi implicit, total.

6. Din punctul de vedere al potenţialului tehnic de conservare se constată:

- valorile consumurilor specifice înregistrate în 1995 sunt - cu mici excepţii - mai mari cu 10 - 50 % faţă de consumurile de proiect;
- prin programele de modernizare propuse se pot valorifica circa 5 - 10 % din acest potenţial, la nivelul anului 2000;
- faţă de consumurile înregistrate de tehnologiile similare de nivel mediu din ţările avansate, potenţialul de conservare oscilează - în medie - între 30 şi 50 %.

Deoarece o retehnologizare în această direcţie necesită investiţii uriaşe, nu se întrevede pe termen scurt şi chiar mediu o reducere de acest ordin (30 - 50 %) a consumurilor specifice industriale de energie.

7. Rezultatele calculului investiţiei specifice pe unitatea de energie economisită indică faptul că tehnologiile energofage cu eficienţă maximă a investiţiei în acţiuni de modernizare sunt producerea

aluminiului, siderurgia şi producerea amoniacului (circa 2 $/GJ economisit).

Reconsiderarea costului energiei, datorită ponderilor mari pe care acesta le are în costurile totale de producţie în cazul marilor consumatori industriali va constitui un factor de presiune permanent în direcţia creşterii eficienţei utilizării energiei, în caz contrar produsele indigene riscând să devină necompetitive şi din punctul de vedere al preţurilor, atât pe piaţa internă, cât şi pe cea internaţională.

Ca urmare, stabilirea capacităţilor viabile, încărcarea acestora la capacitatea nominală şi aplicarea unor programe graduale de eficientizare energetică (la care pot participa şi specialiştii RENEL) constituie singura strategie aplicabilă marilor consumatori din industrie.

Interesul RENEL, care a pierdut deja consumatori importanţi de energie termică, trebuie orientat în consecinţă în direcţia promovării unor programe având ca obiectiv principal creşterea eficienţei utilizării energiei electrice şi termice la marii consumatori de energie.

Referent: ing. Vasile Rugină - GSCI - Centrul de Cercetare, Bucureşti

(Primit la 27 noiembrie 1996, acceptat la 20 ianuarie 1997)

Administraţia Porturilor Dunării Maritime Galaţi

Institutul Român de Cercetări Marine Constanţa

Universitatea Dunărea de Jos Galaţi

COLOCVIUL NAŢIONAL • 9-11 IULIE 1997 • EFORIE NORD • ROMÂNIA

organizează:

COLOCVIUL NAŢIONAL CU PARTICIPARE INTERNAŢIONALĂ

ACVADEPOL

ediţia a V-a

ROMÂNIA

Lucrările se vor desfăşura la Eforie-Nord în perioada 8 - 11 iulie 1997. Tematica este următoarea:

- Evaluarea poluării mediului acvatic prezentată de Agenţiile pentru protecţia mediului de la Dunăre şi Marea Neagră.
- Sisteme de colectare, tratare şi verificare a deşeurilor lichide şi solide de la navele maritime şi fluviale.
- Tehnologii şi mijloace tehnice destinate prevenirii poluării.
- Surse de finanţare. Depistarea lor.
- Legislaţie.

Participanţii sunt rugaţi să ţină seama de următoarele condiţii:

- Lucrările vor fi trimise până la data de 1 aprilie 1997. Ele vor fi redactate pe 4 sau 6 pagini (număr par) format A4, pe calculator, inclusiv figurile, bibliografia şi rezumatul, în limbile română şi engleză.
- Până la 1 mai 1997 se va comunica autorilor acceptul sau recomandările recenzorilor.
- Autorii vor primi până la 1 iunie 1997 acceptul definitiv şi programul Colocviului.
- Lucrările respinse nu vor fi publicate şi nici returnate autorilor.

Corespondenţa se va expedia pe adresa:

- *Administraţia Porturilor Dunării Maritime, str. Portului nr.34, 6200 Galaţi, România* — *tel: (40) 36.46.06.60*
  ing. Doru BEJENARU — *fax: (40) 36.46.01.40*
- *Institutul Român de Cercetări Marine, B-dul Mamaia nr.300, 8700 Constanţa, România* — *tel: (40) 41.65.08.70*
  ing. Dumitru DOROGAN — *fax: (40) 41.83.12.74*
- *Universitatea " Dunărea de Jos", str. Domnească nr. 47, 6200 Galaţi, România* — *tel: (40) 36.41.48.71*
  prof. dr. ing. Ioan C. Ioniţă — *fax: (40) 36.46.13. 53*

SISTEME AMR (AUTOMATIC METER READING): PRELEVAREA AUTOMATĂ ŞI PROCESAREA DATELOR DE GESTIUNE A PUTERII ŞI A ENERGIEI ELECTRICE

prof. dr. ing. CARMEN GOLOVANOV *; ing. TUDOR ANTOHI **; ing. GHEORGHE LUPŞA ***

Creşterea eficienţei energetice presupune utilizarea unor sisteme moderne de prelevare automată de date şi procesare a informaţiei, în vederea gestiunii operative a energiei electrice, asigurându-se astfel o corectă şi rapidă posibilitate de apreciere a consumurilor în diverse puncte ale sistemelor electroenergetice.

Lucrarea prezintă funcţiile îndeplinite de sistemele AMR, dezvoltate independent sau ca o componentă a sistemelor complexe EMS/SCADA, printre care: achiziţia de date de la contoarele electronice, utilizând procesarea digitală a semnalelor şi tehnica modernă de calcul; analize periodice ale caracteristicilor consumului; calcularea şi emiterea facturilor de plată în relaţia furnizor-beneficiari; avertizarea operativă a neîncadrării în caracteristica de consum impusă.

Se analizează conexiunile elementului central cu punctele de măsurare, de tip off-line, on-line request (legătură la cerere) şi în timp real.

Numeroase exemple concretizează cele mai moderne realizări pe plan mondial în domeniu, analizând şi un sistem AMR, denumit STUART, destinat contoarelor electronice existente în ţara noastră, dintre care unele sunt fabricate la ABB Rometrics Timişoara.

The energy efficiency increase relies on the utilization of certain advanced automatic data sampling and information processing systems which enable the effective electric power management, thus providing an accurate and quick means of assessing the consumptions in various points of the power systems.

The paper describes several functions performed by the AMR systems, that have been developed either independently or as part of the complex EMS/SCADA systems, namely: data acquisition from the electronic meters based on the signal digital processing and on the advanced computation technique; periodical analyses of the consumption characteristics; calculation and issue of the invoices resulting from the supplier - customer relationship; the effective warning in case the limits imposed on power consumption are exceeded.

The connections between the central element and the measuring points of the off-line, on-line request and real time type are analysed.

The paper also includes a lot of examples that help illustrate the up-to date achievements obtained in this field world-wide. Finally, the authors analyse the AMR system designed for the meters manufactured in our country at ABB Rometrics of Timişoara.

Descriptori: organizarea managementului energiei, gestiunea automată a energiei

Introducere

Sfârşitul epocii fericite a resurselor primare de energie, ieftine şi îndestulătoare, şi începutul angoaselor ecologice au influenţat sensibil politica producerii şi consumului energiei electrice, impunând o deosebită atenţie creşterii eficienţei energetice, problemă cu implicaţii la nivel naţional.

Politica de dezvoltare a marii majorităţi a companiilor furnizoare de electricitate din SUA şi Europa de Vest este bazată în ultima vreme pe o nouă viziune, referitoare la planificarea strategică, care presupune optimizarea funcţionării ansamblului furnizor-consumatori, în scopul creşterii eficienţei energetice, pentru obţinerea celei mai judicioase utilizări a resurselor naturale, financiare, informaţionale. Companiile de electricitate aplică măsuri de modificare a comportamentului consumatorilor, prin tehnici de marketing operaţional (tarifare, norme şi reglementări, finanţarea unor investiţii de înlocuire a unor echipamente şi tehnologii pronunţat energointensive, stimulente directe de introducere a electrotehnologiilor şi a unor noi produse, a căror

* Universitatea "Politehnica" Bucureşti
** FRE - Piatra Neamţ
*** ABB Rometrics - Timişoara

utilizare conduce la creşterea eficienţei energetice). Ansamblul acestor acţiuni formează conceptul de management al energiei, DSM (Demand Side Management).

Creşterea eficienţei energetice presupune însă necesitatea supravegherii permanente a activităţii de producere, transport, distribuţie şi consum ale energiei electrice, prin *sisteme de măsurare, telereglare şi telecomandă* care, corelat cu scopul urmărit , au funcţii diverse şi grade de complexitate diferite.

Sistemele de telemăsurare, telereglare şi telecomandă pot fi de tipul:

- **AMR** - Automatic Meter Reading - citirea automată a contoarelor de la distanţă sau direct prin intermediul calculatorului;
- **LM** - Load Management,destinate controlului sarcinii în sistemele electroenergetice;
- **DSM** - Demand Side Management, destinate controlului consumurilor de energie electrică pe intervale de timp;
- **EMS/SCADA**- Energy Management Systems/Supervisory Control and Data Acquisition - sisteme complexe destinate conducerii şi supravegherii activităţii de producere, transport şi distribuţie de energie electrică, care înglobează funcţiunile amintite, adăugând suplimentar multe altele, cum ar fi: analiza reţelelor, grafice de activitate ale centralelor electrice, sisteme expert decizionale etc.;
- **SCADA - PLUS** - comunicaţia cu operatorul permite realizarea unor imagini grafice (Grafic Interactive Format- GIF) de reprezentare a amplasamentului geografic, la scară, al echipamentelor electroenergetice, crescând nivelul de integrare a datelor şi fişierelor cu reţelele informatice proprii ale abonaţilor.

1. Sisteme AMR (Automatic Meter Reading)

Sistemele **AMR**, dezvoltate independent sau ca o componentă a sistemelor complexe **EMS/SCADA** (Energy Management System/ Supervisory Control and Data Acquisition), au ca obiectiv prelevarea automată de date (citirea contoarelor) şi procesarea informaţiilor, în vederea gestiunii operative a energiei electrice.

Funcţiile esenţiale îndeplinite de sistemele AMR [6,7,8] sunt :

- *achiziţia de date de la contoarele electronice*, utilizând procesarea digitală a semnalelor şi tehnica modernă de calcul;
- *analize periodice ale caracteristicilor consumului*;
- *calcularea şi emiterea facturilor de plată* în relaţia furnizor-beneficiari;
- *avertizarea operativă a neîncadrării în caracteristica de consum impusă.*

Un sistem AMR comportă următoarele elemente:

a) *Elementul central* - constituie creierul întregului sistem şi poate fi un centru de calcul, care cuprinde calculatoare în funcţiune şi în rezervă caldă (calculatoare compatibile IBM - PC, mainframe-uri sau reţele complexe integrând tipuri diferite de calculatoare). Calculatoarele sunt prevăzute cu un set complet de terminale, pentru organizarea bazei de date, a prelucrării rezultatelor şi a altor operaţii aferente, cum ar fi, de exemplu, emiterea facturilor de plată a energiei.

b) *Mediul de comunicaţie pentru telemăsurare*- reprezintă suportul de vehiculare a informaţiilor în sistem şi poate fi de tipul :

- radiocomunicaţie;
- circuite telefonice;
- circuite fizice;
- reţeaua de alimentare - PLC (Power Line Carrier);
- fibre optice.

Pentru sistemele de telemăsurare a consumului, *transmisia datelor prin telefonie* a devenit o soluţie atractivă, odată cu dezvoltarea şi modernizarea telefoniei în general. S-au dezvoltat, în principal, trei tipuri de sisteme:

- sisteme cu linii închiriate;
- sisteme cu apelare;
- sisteme cu telefoane casnice.

Sistemele cu linii închiriate presupun o permanentă legătură prin telefonie. O astfel de legătură poate constitui o parte din magistrala sistemului, conectată cu elementul central.

Sistemele cu apelare folosesc metoda interogării elementelor primare de prelevare a datelor de către elementul central. În acest scop, se pot folosi linii telefonice dedicate sau linii telefonice care deservesc şi alţi abonaţi. În ultimul caz, elementul primar nu trebuie să interfereze cu abonatul gazdă. În acest scop, echipamentul centralei telefonice se modifică, astfel încât să se recunoască apelul emis de la calculatorul central.

Prin urmare, la postul telefonic apelat, se transmite un semnal special, care anulează tensiunea soneriei. Telefonul apelat nu va suna, dar elementul primar va recunoaşte apelul şi va transmite datele memorate.

Sistemele cu telefoane casnice folosesc pentru comunicaţiile de date, telefoanele standard. Dacă se foloseşte linia ce deserveşte un abonat existent, elementul primar se conectează în derivaţie la postul telefonic principal, cu prioritate pentru telefonul gazdă. Elementul primar apelează calculatorul central, după un orar prestabilit. Calculatorul central recepţionează datele şi transmite, la rândul său, momentul de timp pentru un nou apel.

În cazul unor consumatori dispersaţi în spaţiu şi cu un consum de energie relativ mic, soluţia cea mai atractivă şi cea mai utilizată o reprezintă ***folosirea liniei de transport al energiei*** şi ca suport pentru vehicularea informaţiilor. În cadrul ***transmisiei semnalelor prin reţeaua de alimentare,*** s-au dezvoltat mai multe tehnici de injecţie a semnalelor în reţea:

- *tehnica ciclocontrolului* sau *transmisia în bandă largă;*
- *tehnica injecţiei unei frecvenţe fixe* sau *transmisia în bandă îngustă,* cu variantele:

- folosirea unei frecvenţe de (100...200) Hz;
- folosirea unei frecvenţe înalte de (10...15) kHz.

Soluţia modernă a utilizării ***fibrelor optice*** prezintă următoarele avantaje:

- debit informaţional mare;
- atenuare mică cu distanţa (0,2 dB/km);
- greutate şi consum redus de materiale;
- componenta de bază , siliciul, nu este deficitară spre deosebire de cupru;
- imunitate totală la perturbaţii electromagnetice;
- cost rezonabil (10.000 $/km).

c) ***Elementul primar de prelevare a datelor*** şi ***de măsurare*** poate fi de tipul:

- ***element de transmitere a unor impulsuri*** proporţionale cu puterea, asociat contoarelor clasice;
- ***sumatoare digitale*** , microcalculatoare capabile să prelucreze, pe mai multe canale, impulsurile primite de la contoarele clasice, să efectueze calcule asupra sumelor parţiale programate , să memoreze curbe de sarcină, să comunice elementelor de la punctele centrale, datele prelucrate;
- ***contoare electronice*** din gama **ABB** (contoarele electronice A1R, A1R-L, A1R-AL), **SCHLUMBERGER** (sumatoarele digitale METS, contoare INDIGO şi SPECTRA), **LANDIS & GYR** etc., ***contoare inteligente,*** practic microcalculatoare capabile să efectueze , pe lângă simpla gestiune de energie şi putere, calcule complexe vizând indicatori de calitate ai produsului ***"electricitate", sisteme de contorizare cu plata anticipată*** **(pre-payment systems).**

Conexiunile cu punctele de măsurare ale elementului central, în cadrul unui sistem AMR, pot fi de tipul:

- *off-line* (datele sunt aduse de personalul uman, fie pe suport hârtie, fie utilizând **handheld-uri** - echipamente computerizate destinate colectării de date în teren);
- *on-line request (legătură la cerere)* (echipamentul de calcul răspunde la apeluri iniţiate de personalul de la punctul central pentru efectuarea conexiunilor cu abonaţii sau invers, la ore şi date prestabilite, elementele primare iau legătura cu punctul central);
- *timp real* (între calculatorul de la punctul central şi elementele primare se face un permanent schimb informaţional).

Caracteristicile obligatorii ale unui sistem AMR sunt:

a) definirea flexibilă a fişierelor consumatorilor, staţiilor şi liniilor urmărite, cu toţi parametrii definitorii ai punctului de măsurare şi în orice configuraţie imaginabilă, definirea tarifelor şi a calendarelor de comutare a acestora;

b) posibilitatea de colectare on-line a datelor (conexiune directă calculator-element primar) sau off-line (fişiere preluate cu softuri specializate, copiate şi prelucrate în directoarele aplicaţiei în formate universale);

c) efectuarea prelucrărilor şi colectarea informaţiilor din staţii prin activarea de procese paralele care nu opresc funcţionarea calculatorului, deci multitasking;

d) efectuarea de analize şi sinteze financiare sau energetice, pe diferite intervale, în orice regim de tarifare ales;

e) elaborarea de module destinate expertizelor energetice (efectele simulării de tarife diferite asupra aceleeaşi curbe de sarcină, calcule de pierderi energetice, predicţii asupra curbei de sarcină totalizatoare pe consumator).

Evident, cu cât standardul tehnologic al echipamentelor de prelucrare date este mai ridicat şi tehnica de comunicaţie mai performantă, analizele efectuate de sistemele **AMR** vor fi mai complexe.

Un prim exemplu îl prezintă sistemul **AMR** reprezentat în figura 1, în care se remarcă, în

primul rând, utilizarea unui contor electronic programabil, capabil să asigure funcţiile de măsurare şi de facturare, pe baza tarifelor şi a fiecărui palier corespunzător unui anumit tarif de putere, introduse în elementele sale de memorie [19].

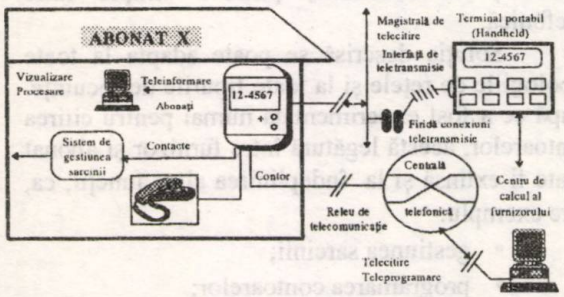


Fig.1. Interfeţe de comunicaţie pentru un contor electronic programabil.

Acest aparat se distinge printr-o interfaţă sofisticată de comunicaţie, care asigură funcţii de telemăsurare, teletransmitere şi teleinformare a abonatului. La dispoziţia abonatului, se află :

- o legătură informaţională, furnizând ciclic date referitoare la facturare, adaptabilă la un calculator personal sau la un automat de gestiune;
- două contacte programabile, permiţând obţinerea unor informaţii tarifare;
- un contact de preaviz, în cazul depăşirii puterii contractate;
- posibilitatea de teletransmisie a datelor prin intermediul unei linii telefonice.

Prin intermediul unor interfeţe, se poate conecta şi un echipament computerizat portabil (handheld).

În figura 2, se prezintă un sistem **AMR** realizat în Franţa, numit **EURIDIS**, având ca elemente esenţiale :

- un "senzor" de energie electrică (contor);
- un filtru de telecomandă centralizată;

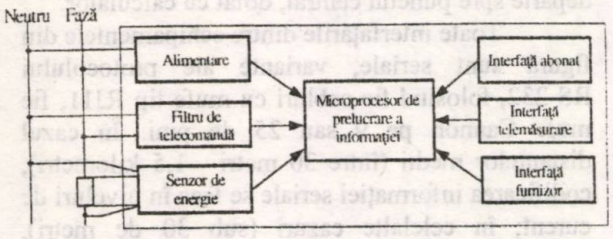


Fig. 2. Sistem AMR cu microprocesor de prelucrare a informaţiei.

- un modul central de procesare (**Module Central de Traitement - MCT**) cu microprocesor.

Modulul central de procesare a informaţiei, MCT-ul, poate avea opţiuni de tarifare foarte variate; prin telecomanda întrerupătorului de conectare, se poate întrerupe alimentarea cu tensiune a abonatului, în cazul depăşirii unei anumite puteri limită prestabilite. Telemăsurarea se realizează folosind transmisia de date prin linii de tip telefonic, supravegheate în permanenţă contra tentativelor de fraudă [22].

Interfaţa cu abonatul permite afişarea datelor pe un ecran cu cristale lichide; în orice moment, informaţia este direct accesibilă abonatului şi acesta are posibilitatea să decidă asupra receptoarelor pe care să le menţină în funcţiune, fără a fi afectat gradul său de confort.

Interfaţa cu furnizorul se realizează printr-o magistrală constituită dintr-o linie bifilară de tip telefonic, pe care se instalează un cuplor magnetic într-un punct accesibil, situat în exteriorul blocului de locuinţe, unde se află montate, pe fiecare palier, contoarele.

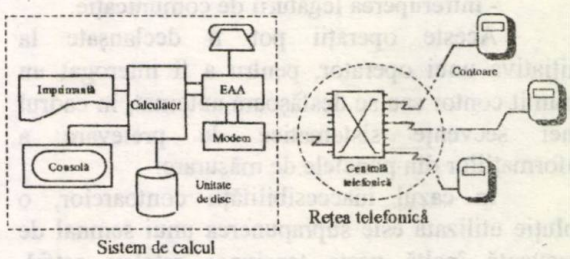


Fig. 3. Sistem AMR pentru abonaţii din reţelele de medie tensiune.

În figura 3 se prezintă un sistem **AMR**, la care lanţul de măsurare şi transmisie conţine [23]:

- contoare electronice de tip **TRIMARAN** (Totalisateur ÉlectRonique Indicateur de Maxima de DépAssements à Relevé Automatique par téléphoNe-totalizator electronic, indicator de maxim şi de depăşiri, cu citire automată prin telefon), care echipează abonaţii alimentaţi în medie tensiune, MT. Fiecare contor include un modem cu răspuns automat, conectat la o reţea telefonică şi având un număr propriu de apelare;
- un sistem central de teleprelucrare a informaţiei constituit în jurul unui minicalculator, cuplat la un echipament de apel automat **EAA** şi la un modem.

Contorul electronic de tip TRIMARAN foloseşte tehnologie electronică, atât pentru "senzorii" de putere activă şi reactivă, cât şi pentru

funcţiile de procesare (microprocesoare CMOS), afişaj (cristale lichide) şi teletransmisie.

Sistemul central de prelevare a informaţiei este alcătuit dintr-un minicalculator cu 256 kocteţi de memorie centrală, o consolă, o imprimantă şi o unitate de discuri, reprezentând un bloc de memorie, asociate unui echipament de apel automat şi unui modem.

Minicalculatorul are ca funcţie esenţială controlul achiziţiei şi stocării datelor contoarelor. El gestionează un fişier de abonaţi conţinând, între altele, numerele de apel ale contoarelor. Existenţa minicalculatorului este justificată prin numărul de contoare urmărite şi volumul mare de informaţii de stocat şi/sau prelucrat.

Citirea unui contor comportă operaţiile următoare:

- căutarea numărului de apel în fişierul abonaţilor;
- transmiterea acestui număr echipamentului de apel automat, EAA;
- achiziţia şi stocarea datelor de la contoare, sau transmiterea de parametri sau de mesaje;
- întreruperea legăturii de comunicaţie.

Aceste operaţii pot fi declanşate la iniţiativa unui operator, pentru a fi interogat un anumit contor sau se desfăşoară automat, în cadrul unei secvenţe sistematice de prelevare a informaţiilor din punctele de măsurare.

În cazul inaccesibilităţii contoarelor, o soluţie utilizată este suprapunerea unui semnal de frecvenţă înaltă peste tensiunea reţelei; astfel, reţeaua de alimentare serveşte în acest procedeu, denumit ***tehnica curenţilor purtători***, şi ca suport informaţional [24].

În figura 4 se prezintă sinoptica sistemului, folosind ca suport informaţional reţeaua de alimentare.

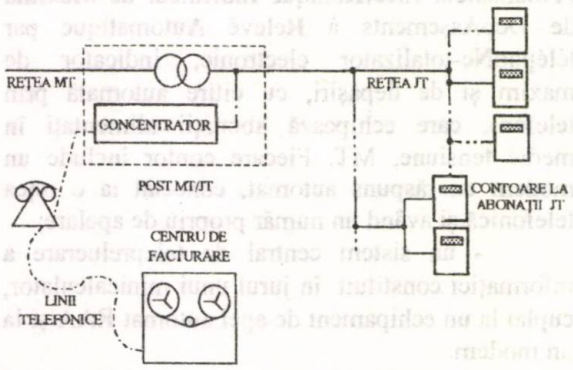


Fig.4. Sistem AMR folosind tehnica curenţilor purtători.

Un echipament, denumit ***concentrator,*** este conectat la reţeaua de joasă tensiune, într-un post public de distribuţie. Dialogul cu contoarele aferente acestui post se poartă prin intermediul concentratorului. După ce a achiziţionat datele de la contoare, concentratorul le păstrează în memoria sa, pentru a permite o ulterioară lectură, fie manuală, fie automată, printr-o simplă linie telefonică.

Soluţia descrisă se poate adapta la toate topologiile de reţele şi la toate tipurile de locuinţe. După ce a fost experimentată numai pentru citirea contoarelor, acestă legătură între furnizor şi abonat poate fi extinsă şi la îndeplinirea altor funcţii, ca, spre exemplu:

- gestiunea sarcinii;
- programarea contoarelor;
- gestiunea şi supravegherea reţelei şi a lucrărilor în joasă tensiune;
- detecţia fraudelor etc.

O serie de aplicaţii dezvoltate în ultima vreme în România utilizează contoare ABB tip ALPHA şi sumatoare SCHLUMBERGER GANZ avizate metrologic şi asimilate de RENEL [10].

Variantele prezentate în figura 5 relevă gama posibilităţilor de integrare a acestor echipamente în sisteme AMR. Spre deosebire de soluţiile analizate anterior, destinate, în principal, consumatorilor casnici, sistemul prezentat este destinat cu precădere consumatorilor industriali.

Contoarele se pot conecta, prin intermediul unui echipament denumit **splitter,** la un modem (există şi posibilitatea unei conexiuni directe, dar neeconomice, deoarece ar solicita circuite dedicate pentru fiecare contor).

Splitter-ul sau *"modem sharing unit"* (dispozitiv de partajare modemuri) este un echipament care preia datele de pe o interfaţă serială (în cazul de faţă de la un modem) şi le transmite simultan către toate contoarele dintr-o staţie. Numai contorul adresat prin codul propriu de identificare va răspunde, datele de la acesta fiind direcţionate de splitter spre modem şi mai departe spre punctul central, dotat cu calculator.

Toate interfaţările dintre echipamentele din figură sunt seriale, variante ale protocolului RS-232, folosind fie cabluri cu mufe tip RJ11, fie mufe Cannon pe 9 sau 25 de pini. În cazul distanţelor medii (între 30 metri - 1,5 kilometri), codificarea informaţiei seriale se face în niveluri de curent; în celelalte cazuri (sub 30 de metri), transmisia se codifică în niveluri de tensiune. La

distanţe lungi, conexiunea serială se efectuează prin modem.

În alte variante, contoarele ABB pot iniţia comunicaţia, la ore prefixate, formând numărul de telefon necesar conexiunii cu punctul central. Ele sunt echipate cu interfeţe de modem extern, dar pot, în anumite variante, să conţină integrată cartela modem necesară conexiunii. În funcţie de posibilităţile practice, modemurile utilizate se conectează prin intermediul unor circuite telefonice sau prin intermediul unor circuite fizice (ultima variantă fiind optimă din punctul de vedere al vitezei, dar dezavantajată de preţ).

Sumatoarele digitale SCHLUMBERGER-GANZ se pot conecta, simplu, prin modemuri, sau combinat, prin splittere şi modemuri, la linia de comunicaţie. Protocolul simplu permite conexiuni radio pentru zone greu accesibile, în care lipsesc posibilităţile de conectare prin linii telefonice. Conexiunea radio care extinde cel mai mult distanţa de transmisie date este cea half-duplex; un repetor radio, situat la o altitudine mare, preia, amplifică şi retransmite semnalele atât de la punctul central, cât şi de la sumatorul digital.

Acest gen de soluţii prezintă dezavantajul unor viteze reduse şi deci a unui timp mare de comunicaţie. În cazul prezentat, sumatorul transmite datele prin interfaţa serială într-un modem radio (tip MRM); acesta le modulează în joasă frevenţă şi le transmite radiotelefonului GM300. Radiotelefonul modulează în frecvenţă, în banda a IV-a, semnalele, apoi transmise prin antenă, spre repetorul radio. Datele recepţionate de repetor sunt retransmise şi recepţionate de radiotelefonul de la punctul central, unde vor fi demodulate în joasă frecvenţă de către radiotelefon şi convertite în trenuri de date de către radiomodem. Prin interfaţa serială, calculatorul de la punctul central le va prelua şi prelucra, iniţializând comunicaţia cu o altă staţie.

Conexiunea dintre modemul radio şi radiotelefon este de tip RIC 002 (singura care nu este de tip RS-232).

Se poate utiliza, în scopuri economice, aceeaşi bandă radio pentru transmisii vocale şi de date, radiotelefoanele moderne dispunând de aceste facilităţi cu risc minim de coliziune.

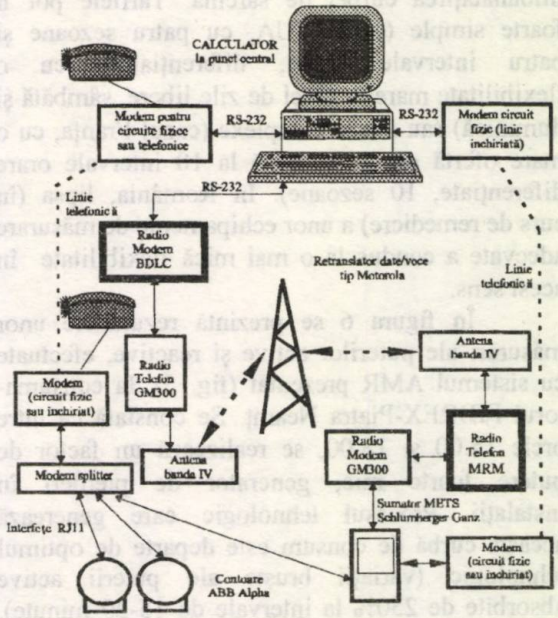


Fig. 5. Sistem AMR realizat utilizând sumatoare digitale SCHLUMBERGER GANZ şi contoare ABB.

2. Analiza caracteristicilor de consum

Datele de intrare destinate prelucrării sunt:

- curbele de variaţie în timp ale energiei active (în ambele sensuri, primită-cedată, dacă este cazul), pentru intervale de integrare începând cu un minut (pentru analiza unor perioade scurte de până la o săptămână), 15 minute (pentru analize de până la o lună de zile), o oră (pentru analize până într-un an);
- curbele de variaţie în timp ale energiilor reactive, în ambele sensuri (energie primită-cedată, ideal reprezentate în cele patru cadrane), cu aceleaşi intervale de integrare definite anterior;
- determinarea spectrului armonic al curbelor de sarcină;
- înregistrarea variaţiei frecvenţă/putere (în cazul analizelor consumurilor unor insule energetice).

Aceste date sunt suficiente pentru:

a.Analize efectuate de furnizor:

- "Forma" curbei de sarcină ("unghiuri" ale palierelor crescătoare şi descrescătoare, vârfuri şi goluri de sarcină).
- Proiectarea tarifelor impuse de furnizor beneficiarului, în scopul aplatizării curbei de sarcină şi al reducerii pierderilor şi analiza modului în care un tarif sau altul conduce la

îmbunătăţirea curbei de sarcină. Tarifele pot fi foarte simple (cazul SUA, cu patru sezoane şi patru intervale oră/zi, diferenţiabile cu o flexibilitate mare la nivel de zile libere, sâmbătă şi duminică) sau foarte complexe (cazul Franţa, cu o mare ofertă de tarife, până la 10 intervale orare diferenţiate, 10 sezoane). În România, lipsa (în curs de remediere) a unor echipamente de măsurare adecvate a condus la o mai mică flexibilitate în acest sens.

În figura 6 se prezintă rezultatele unor măsurări ale puterilor active şi reactive, efectuate cu sistemul AMR prezentat (fig. 5), la consumatorul FIBREX-Piatra Neamţ. Se constată că între orele 15.00 şi 18.00, se realizează un factor de putere foarte mic, generator de pierderi în instalaţii. Procesul tehnologic care generează această curbă de consum este departe de optimul tehnologic (variaţii bruşte ale puterii active absorbite de 250% la intervale de 15-20 minute). La ora 23.00, apare o circulaţie de putere reactivă capacitivă, care în condiţii normale nu trebuie să existe. Furnizorul trebuie să regleze aceste probleme la nivel managerial.

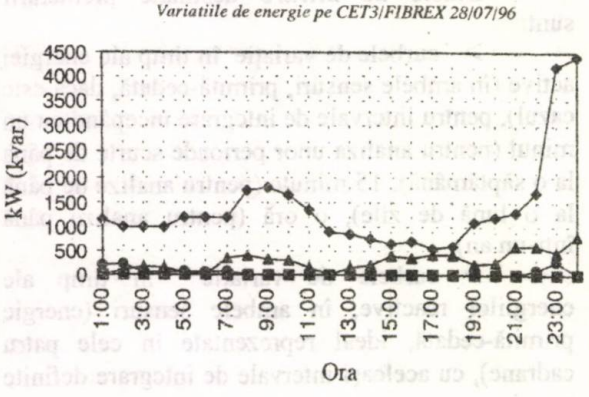


Fig.6. Variaţia puterilor pe transformatorul CET3 / Fibrex

P_{cedat} P_{primit} Q_{cedat} Q_{primit}

• Factorul mediu de putere al perioadelor analizate şi concluzii privind optimizarea acestui factor.

• Încadrarea nivelurilor armonicilor de tensiune şi curent în prevederile regulamentelor de furnizare.

• Depistarea cauzelor pierderilor tehnologice (a energiei nefacturate) în procesele de transport şi distribuţie (în conjuncţie cu o cazuistică de evenimente ale perioadelor analizate).

• Propagarea energiei reactive în sistem, prin depistarea consumatorilor preponderent inductivi sau preponderent capacitivi.

În figura 7 se prezintă variaţia puterilor reactive, la consumatorul FIBREX-Piatra Neamţ. La anumite ore, se inversează fluxul de energie activă (datorită prezenţei unor grupuri generatoare de energie electrică) sau se reduce, în proporţie mare, consumul. Puterea reactivă capacitivă atinge în anumite intervale de timp, valori importante, fără circulaţie de energie activă, fie din cauza bateriilor de condensatoare aflate în funcţiune, fie din alte cauze care trebuie depistate.

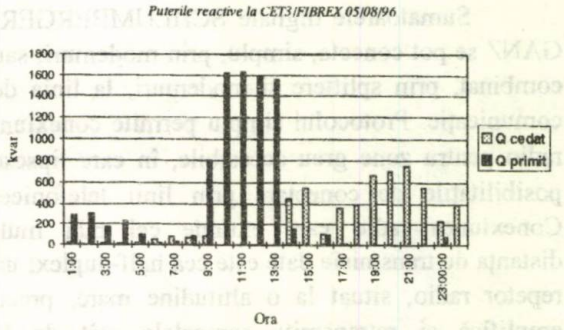


Fig.7. Variaţia puterilor reactive pe transformatorul CET3 la consumator FIBREX .

• Predicţii ştiintifice privind consumul sau producţia de energie electrică pe perioade scurte, medii sau lungi la beneficiarul analizat, adaptând adecvat estimatorii.

• Simularea programată a unor măsuri de încadrare în caracteristicile de consum şi analiza efectelor acestora pe termen scurt, mediu sau lung (un caz concret îl reprezintă oprirea unor consumatori pentru diminuarea riscurilor unor căderi în sistemul energetic).

• Depistarea unor posibile incorectitudini în procesul de măsurare prin *module destinate validării datelor*. Date incorecte pot să apară din două cauze:

1) funcţionarea necorespunzătoare a grupului de măsurare;

2) tentative de furt.

1) Funcţionarea necorespunzătoare a contorului poate fi semnalată prin activarea unor parametri specifici care caracterizează unitatea centrală, cum ar fi, de exemplu, sume de control memorie; se pot de asemenea verifica elemente componente din schema bloc a contorului, evidenţiindu-se erorile de ceas, erorile de ceas de gardă etc. Se pot memora avertismente în procesul

de analiză, la întreruperea curenţilor şi tensiunilor pe fazele transformatoarelor de măsurare, la datele ultimului reset sau ale ultimei comunicaţii reuşite (în cazul unor încercări de violare soft).

2) Încercarea de intervenţie în circuitele secundare în scopuri de furt de energie este pusă în evidenţă de parametri ca: *Load Factor Limit* (sesizarea unui prag minim al consumului), *Power Factor Limit* (sesizarea unor praguri inferioare şi superioare ale factorului de putere), *Energy Tolerance* (energia maximă şi minimă consumabilă într-o perioadă), *Critical Change* (modificări rapide ale curbei de sarcină), *Load Control* (praguri de putere); aceşti parametri permit sesizarea datei şi orei unor evenimente ce pot fi suspectate ca tentative de furt.

b. Analize efectuate de beneficiar:

• Modul de alegere a tarifelor, astfel încât, fără a intra în conflict cu cerinţele furnizorului, să se ajungă la un optim financiar.

• Modul în care s-ar putea reduce cheltuielile prin programarea producţiei intensive în zone de tarifare "ieftine".

În figura 8 se prezintă variaţia puterilor maxime în intervale de vârf şi în afara vârfului, precum şi variaţia puterilor medii înregistrate în aceleaşi perioade. Dacă FIBREX s-ar alimenta doar prin linia de transport în care s-au efectuat măsurările , s-ar putea deduce un management energetic deficitar în anumite zile. Tariful binom diferenţiat folosit are eficacitate în condiţiile unui raport mare între puterea maximă la vârf şi cea

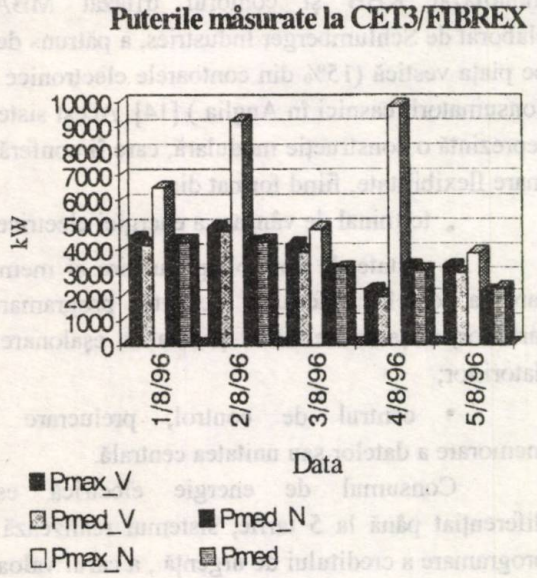


Fig. 8. Variaţia puterilor maxime şi medii absorbite, pe CET3 la FIBREX.

înregistrată în afara vîrfului. În anumite zile (3 şi 5 august) nu apare un raport optim.

Alt criteriu de eficienţă energetică este raportul dintre puterea maximă şi puterea medie. În cazul prezentat, acest raport are o valoare prea mare pentru intervalele orare din afara vârfului. Valori acceptabile se înregistrează în intervalele de vârf. Adaptarea procesului tehnologic în scopul scăderii costurilor energetice şi al aplatizării curbei de sarcină este un deziderat de urmărit.

• Reducerea circulaţiei de energie reactivă.

• Varianta optimă (financiară şi de siguranţă) de alimentare cu tensiune, având în vedere tarifele existente, distincte în funcţie de alimentarea pe înaltă, medie sau joasă tensiune.

• Normarea consumurilor de energie electrică pe unitatea de produs, în scopul evaluării tehnologiei utilizate.

3. Calcularea facturilor

Majoritatea aplicaţiilor de gestiune sunt orientate exclusiv către calculul financiar al energiei electrice consumate de beneficiar şi livrate de furnizor, în funcţie de tarifele negociate. În general, valorile sunt introduse prin intermediul tastaturii sau cu ajutorul handheld-urilor, prin interfeţe de comunicaţie. Se lucrează frecvent în reţele complexe de calculatoare, din cauza volumului mare de date accesate, obţinându-se o partajare optimă a resurselor de calcul la introducerea, stocarea şi tipărirea rezultatelor.

Un program destinat calculului şi emiterii facturilor conţine următoarele module software:

- module de calcul şi tipărire facturi;
- module de evaluare în "pauşal" a consumului de energie electrică pe baza consumurilor anterioare;
- module de avertizare asupra funcţionării necorespunzătoare a grupului de măsurare (contor + transformatoarele de măsurare de curent şi de tensiune).

Aceste programe se pot executa :

- la sediile furnizorilor;
- la sediile beneficiarilor, pe echipamente tip "handheld", pentru scurtarea timpului parcurs de o factură. O factură reprezintă un document cumulativ al unei perioade şi prezintă importanţă pentru sistemul financiar; destul de superficial, pe baza simplei facturi, se pot face analize de detaliu asupra caracteristicilor energetice ale perioadei prelucrate.

4. Avertizarea operativă a neîncadrării în caracteristica de consum impusă

Avertizarea operativă se utilizează în următoarele cazuri:

- la funcţionarea necorespunzătoare a grupului de măsurare (dispariţia unui sistem curent-tensiune, scăderea exagerată a sarcinii pe un anumit sistem sau chiar defectarea unor mijloace de măsurare);
- depăşirea unor praguri ale puterii active (în anumite cazuri, diferenţiate pe zona de tarif);
- depăşirea unor praguri ale puterii reactive (folosite în anumite cazuri la comanda bateriilor de condensatoare) ;
- depăşirea unor praguri de energie impuse (de asemenea diferenţiabile pe tarife);
- schimbarea sensului energiei active sau reactive măsurate;
- prezenţa distorsiunilor armonice;
- tentative de violare a mijloacelor de măsurare din staţii.

Echipamentele de avertizare sunt în general computerizate (indiferent dacă sunt contoare electronice sau chiar calculatoare de proces) şi pot comanda relee conectate opţional pentru alarme locale sau comenzi. Avertismentele sunt programabile şi pot duce opţional la întreruperea funcţionării mijloacelor de măsurare sau la transmisia informaţiei de avertizare, până la luarea unei decizii de către furnizor (în ultimul caz, nedecuplând mijloacele de măsurare). Ele pot avertiza optic sau sonor personalul din staţie sau pe cel de la punctul central. Evoluţia în timp a evenimentelor generatoare de alarme sau avertismente se memorează în *cuvinte de stare* şi se adaugă la curba de sarcină. Curba de sarcină va conţine, prin urmare, pe fiecare interval de timp, suplimentar, *cuvântul de stare*, un set de biţi definind starea sistemului la un moment dat, din punctul de vedere al avertismentelor programate.

Concluzii

1) Evoluţia de la clasicul contor de inducţie la contorul digital comandat de microprocesor, considerat un mijloc "inteligent" de măsurare, capabil să preia direct comenzi şi să execute programe, a fost posibilă prin dezvoltarea masivă a gradului de integrare a "chip"-urilor specializate în calcule şi stocări de date şi a procesoarelor digitale de prelucrare semnale, **DSP.** Introducerea contoarelor "inteligente", care permit consumatorilor să-şi gestioneze energia şi deci factura de plată, va fi benefică atât pentru furnizor, cât şi pentru consumator [1,11,18]. Se menţionează caracteristicile contoarelor electronice utilizate în aplicaţii AMR:

a) Toate contoarele electronice conţin în prezent relee programabile, care pot fi folosite ca ieşiri spre un proces telecondus. Ele pot fi programate:

- să emită impulsuri proporţionale cu energia activă sau reactivă, în ambele sensuri;
- să fie activate prin Load Control (la depăşirea unui prag al puterii medii active sau reactive pe interval);
- să fie activate la depăşirea unor indicatori energetici.

b) Toate contoarele pot fi programate şi citite la distanţă în diferite variante de conexiune (cu modem intern, extern, interfaţă serială, interfaţă optică, prin reţelele de alimentare). În plus, anumite firme dezvoltă echipamente suplimentare, destinate comunicării cu mai multe contoare simultan, pe aceeaşi legătură fizică de date.

c) Toate firmele producătoare de contoare electronice urmăresc proiectarea unor sisteme capabile să integreze aparatura de panou dintr-o staţie sau celulă de tensiune. Contorul Alphaplus al firmei ABB măsoară curenţi, tensiuni, defazaje, puteri şi energii pe toate cele trei faze, până la armonica de rang 15.

Apariţia unui sistem de contorizare a energiei electrice cu plată anticipată (contorul monofazat KBB şi contorul trifazat MBA), elaborat de Schlumberger Industries, a pătruns deja pe piaţa vestică (15% din contoarele electronice la consumatorii casnici în Anglia) [14]. Acest sistem reprezintă o construcţie modulară, care îi conferă o mare flexibilitate, fiind format din:

- terminal de vânzare a energiei electrice;
- unitate de control, prelucrare şi memorare a datelor; aceasta permite programarea tarifelor, afişarea debitelor şi rata de eşalonare a datoriilor;
- centrul de control, prelucrare şi memorare a datelor sau unitatea centrală.

Consumul de energie electrică este diferenţiat până la 5 tarife; sistemul realizează o programare a creditului de urgenţă , a cărui valoare este dependentă de tipul consumatorului şi valoarea consumului mediu lunar; astfel, se

activează un împrumut de energie pentru 4.5 zile, în condiţiile în care consumatorul şi-a epuizat creditul iniţial.

Sistemul are o largă aplicabilitate la consumatorii izolaţi (case de vacanţă), la consumatorii care nu doresc să acorde accesul la panou, precum şi la consumatorii restanţieri la plata energiei.

Protocolul Talexus Exp, aplicabil pentru contoarele cu plată anticipată, permite comunicarea bidirecţională între furnizor şi consumator (între sistemul de gestiune şi contoare).

2) Mediul de comunicaţie pentru telemăsurare poate fi variat: radiocomunicaţie, telefonie, sintetizoare de voce, reţeaua de alimentare - PLC (Power Line Carrier) [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 16, 18]. Cea mai eficientă cale de a transmite debite informaţionale foarte mari este utilizarea fibrelor optice, care în prezent pătrund până la domiciliul abonatului.

3) Evoluţia reţelei informatice din ţara noastră va permite introducerea sistemelor AMR, soluţie care este în plină extindere în ţările din Europa de Vest [1-9, 12-25].

BIBLIOGRAFIE

[1] Adams, B. *Un compteur multifunction entièrement programmable,* Actes du Congrès I.E.E., Réseaux Électriques de Distribution, 1993, 5.9.

[2] Adams, B., Tookey J. *Telemetry over the Public Swiched Telephone Network,* DA / DSM Europe 94 Conference (Paris, September 27 - 29, 1994).

[3] Abdel, H.,ş.a. *Lecture des compteurs par drems,* Actes du Congrès I.E.E., Réseaux Électriques de Distribution, 1993, 5.10.

[4] Bezzina, P., Bettenzoli,E. *Fixed Network Systems Applied for AMR,* DA / DSM Europe 94 Conference (Paris, September 27 -29, 1994).

[5] Bisciaio, E., Iaccarino, P., Piacentini, G.F. *Distribution Power Line Carrier Technology Proves an Effective Solution for Power Distribution Automation Systems,* DA / DSM Europe 94 Conference (Paris, September 27 - 29, 1994).

[6] Colleman, L.W., Garrett, R.T. *Élaboration d'un système de control de consommation,* Actes du Congrès I.E.E. - Réseaux Électriques de distribution , 1993, 5.21.

[7] Frey, H. *Le traitement automatique dans le domaine du télécomptage.* În: Revue Landis & Gyr, nr. 4, 1974, pag.61 - 66.

[8] Garguli, R., Dell'Agnola, P., Salvati, A.M. *Experience of application of a new ENEL customer service automation system.* În: R.G.E.,nr.7, 1994.

[9] Koponen, P., Vehvilainen, S. *Additional Functions of Remote Read kWh - Meters,* DA / DSM Europe 94 Conference (Paris, Septembrie 27 - 28 , 1994).

[10] Lupşa, G. *Posibilităţi de citire şi programare la distanţă a contoarelor Alpha. Posibilităţi de includere a contoarelor Alpha în sisteme performante de management al energiei,* Simpozionul " Integrarea contoarelor Alpha în diverse sisteme de management al energiei dezvoltate local". ABB Rometrics , Călimăneşti, 18 iulie 1996.

[11] Lutolf, R. *The Electricity Meter : from an Apparatus to an Evolving System Element.* În: R.G.E., nr.7, 1994, pag. 44 - 46.

[12] Mercier, P., Bergman, M. *Fonctions et services des nouveaux comptages BT dans le secteur domestique.* În: R.G.E., nr. 7 , 1994, pag. 24 - 28.

[13] Mortier, M. *Comparative Study of Communication Media for Telemetering and Telecontrol,* DA / DSM Europe Conference (Paris, September 27 - 29, 1994).

[14] Nunn,C.*Automated Meter Reading Showcase : Implementation Experiences and Future Applications,* METERING , BILLING & SETTLEMENT For The Liberalised Utility Marketplace of 1998 and Beyond, 17 - 18 October 1996, London , U.K.

[15] Rahbek,T., Dam, T. *Nouveaux services pour les consommateurs basés sur un système de tarification informatique avancé,* Actes du Congrès I.E.E. - Réseaux Électriques de Distribution 1993, 5.26.

[16] Salo, T. *System Concept for AMR Using Distribution Line Carrier Technology and Telephone Lines,* DA / DSM Europe 94 Conference (Paris, September 27 - 29, 1994).

[17] Xu, K.L. ş.a. *Système automatique de lecture des compteurs au moyen d'une radio mobil,* Actes du Congrès I.E.E., Réseaux Électriques de Distribution, 1993, 5.11.

[18] Yague, E.M., Fernandes, R.L. *Open and Scalable Intelligent Meter for Advanced Home Services,* DA / DSM Europe 94 Conference (Paris, September 27 - 29, 1994).

[19] *** *Le compteur électronique de tarif jaune. Nouveau compteur, nouveaux services,* EDF.

[20] *** *Le telereport: une réponse pragmatique au probleme de l'inaccesibilité des compteurs* , EDF.

[21] *** *Le relevé à distance des compteurs existants,* EDF.

[22] *** *Euridis - un comptage pour le future,* EDF.

[23] *** *Télérelevé des comptage moyenne tension de Type TRIMARAN par le réseau telephonique commuté* , EDF.

[24] *** *Le télérelevé des compteurs electriques. La technique des courants porteurs s'adapte a toutes les situations,* EDF.

[25] *** *Le télérelevé des compteurs élèctriques,* Documentaţie EDF

Referent: ing. Mihai Ivan - GSCI- Centrul de Inginerie

(Primit la 18 noiembrie 1996, acceptat la 20 ianuarie 1997)

CONSIDERAŢII PRIVIND METODOLOGIA DE EVALUARE A EFICIENŢEI FOLOSIRII TURAŢIEI VARIABILE ÎN ACŢIONĂRILE INSTALAŢIILOR DE POMPE ŞI COMPRESOARE

ing. TEODOR POIATĂ; prof. dr. ing. GHEORGHE CÎRŢÎNĂ*

Pornind de la un studiu concret privind evaluarea oportunităţii introducerii sistemelor de acţionare cu turaţie variabilă (ATV) în cazul unei mari întreprinderi industriale, în care puterea absorbită de staţiile de compresoare şi pompe reprezintă 70 % din consumul total al acesteia, autorii constată că în prezent nu există o metodologie riguroasă privind stabilirea efectelor economice ale introducerii ATV.

În lucrare sunt prezentate etapele parcurse în cazul analizat. Se apreciază că metodologia expusă poate sta la baza întocmirii unui ghid de elaborare a studiilor de acest fel.

Oportunitatea introducerii sau nu a ATV rămâne în sarcina managerului care asigură optimizarea eficientă a investiţiilor pe toată întreprinderea. Ca urmare, lucrarea se axează pe creşterea gradului de precizie a metodei de evaluare a eficienţei economice a aplicării ATV.

The authors used a concrete study as a starting point of their paper on the opportunity of introducing the variable spead driving systems (ATV), into the industrial plants where the power absorbed by the compressor and pump stations accounts for 70 % of their total consumption.

The authors note that at present there is no such a strict methodology meant to determine the economic effects resulting from the ATV utilization.

The paper presents the steps relating to the case under study, that the authors went through. They consider that the proposed methodology can serve as a basis for a guide which would be extremely helpful in the drawing up of such studies.

The opportunity of introducing the ATV or not remains to be decided by the enterprise manager who is in charge of the investments efficient optimization of the entire enterprise. That is why the paper will focus on the possibility of increasing the degree of accuracy of the economic efficiency assessment method in the case of the ATV usage.

Descriptori: acţionări pompe şi compresoare, reglaj cu turaţie variabilă

Consideraţii generale

Acţionările cu viteză variabilă pe lângă faptul că permit o adaptare optimă a regimului de viteză la cerinţele procesului tehnologic, contribuie la reducerea consumului de energie electrică, încât în prezent această metodă este considerată printre principalele mijloace de eficientizare a energeticii industriale.

Introducerea acţionărilor cu viteză variabilă (AVV) în industrie este posibilă ca urmare a progreselor în domeniul electronicii de putere din ultimii ani. Aceste progrese au contribuit la perfecţionarea funcţionării convertizoarelor statice de frecvenţă şi la diversificarea lor pe baza unor principii noi de funcţionare şi totodată la scăderea preţului de cost al acţionărilor, argumentând astfel folosirea lor la nivel industrial. Pompele şi compresoarele care necesită reglaj de debit reprezintă un domeniu larg pentru aplicarea variatoarelor de viteză

În literatură sunt menţionate cazuri de reducere a consumului de energie electrică cu 26% prin utilizarea AVV [1]. Rezultatele unui studiu efectuat de autori într-o staţie de apă desalinată au arătat că utilizarea AVV reduce consumul de energie electrică cu 33% pe an [2].

Introducerea metodei acţionării cu viteză variabilă trebuie analizată prin metode sistemice, deoarece în această metodă sunt implicate o serie de componente a căror comportare influenţează funcţionarea întregului sistem analizat. Este vorba de sistemul de conversie al frecvenţei, de modul de comportare a motorului de antrenare la viteză

* S.C. Antibiotice S.A. Iaşi
** Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iaşi

variabilă, comportarea pompelor şi compresoarelor la viteză variabilă şi, nu în ultimul rând, reanalizarea în colaborare cu tehnologii a restricţiilor de calitate impuse parametrilor fluidelor furnizate de către procesul tehnologic respectiv.

Oportunitatea adoptării AVV trebuie analizată pe baza unor studii tehnico-economic, atât în cazul instalaţiilor care se proiectează, cât şi a celor existente, în vederea modernizării şi retehnologizării lor. Deoarece introducerea AVV este costisitoare şi necesită investiţii suplimentare, justificarea tehnico-economică a adoptării AVV trebuie făcută cu precauţie.

În legătură cu acestea, în lucrare se fac o serie de observaţii care permit stabilirea cu mai multă precizie a oportunităţii introducerii AVV.

1. Stabilirea caracteristicilor reale de funcţionare ale pompelor şi compresoarelor în cazul antrenării cu motoare asincrone

În principiu, în cazul instalaţiilor de pompe şi compresoare oportunitatea introducerii AVV se stabileşte pe baza eficienţei energetice. In cazul acţionărilor cu motoare asincrone, la care viteza agregatului variază cu încărcarea, dacă se lucrează cu caracteristicile de funcţionare ale pompelor şi compresoarelor date în cataloage în ipoteza n = ct. se introduce o eroare în aprecierea efectelor energetice ale introducerii AVV. Această eroare este amplificată de faptul că viteza nominală a motorului de antrenare diferă de viteza corespunzătoare caracteristicilor de catalog ale pompelor şi compresoarelor.

În cele ce urmează autorii propun o metodă de evaluare a ordinului de mărime a acestor erori.

În acest scop se stabilesc caracteristicile reale $P_2 = f(Q)$ pentru ansamblul motor-pompă, unde P_2 şi Q reprezintă puterea utilă a motorului, respectiv debitul pompei (fig.1).

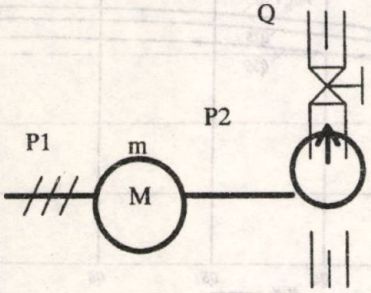


Fig.1.Reprezentarea schematică a ansamblului motor-pompă.

Pentru aceasta se determină întâi relaţiile între puterea absorbită P_1 , alunecarea s şi puterea utilă P_2 a motorului [2]:

$$s = f(P_1)\ ,\ P_2 = f(s),$$

obţinând pentru şirul de valori $\{P_1^j\}$, şirurile $\{s^j\}$, $\{P_2^j\}$ corespunzătoare.

Caracteristicile de funcţionare ale pompei în funcţie de viteza de rotaţie a pompei au expresiile:

$$H = a_1*Q^2 + b_1*n*Q + c_1*n^2 = a_H*Q^2 + b_H*Q + c_H \quad (1)$$

$$P = a_2*n*Q^2 + b_2*n^2*Q + c_2*n^3 = a_p*Q^2 + b_p*Q + c_p \quad (2)$$

Din caracteristicile de catalog ale pompei se extrag şirurile de valori ale debitului, presiunii şi puterii:

$$\{Q_1^i\}\ ,\ \{H_1^i\}\ ,\ \{P_1^i\},\ i \geq 4.$$

Prin metoda celor mai mici pătrate, cu şirurile $\{Q_1^i\}$, $\{H_1^i\}$ se determină coeficienţii a_H, b_H, c_H , iar cu şirurile $\{Q_1^i\}$,$\{P_1^i\}$ se determină coeficienţii a_p, b_p, c_p, obţinându-se caracteristicile de catalog ale pompei.

Se face o transpunere a acestor caracteristici pentru o turaţie ce corespunde domeniului de funcţionare a motorului, după care folosind relaţiile de similitudine ale pompelor [3], cu ajutorul şirurilor $\{P_2^j\}$, $\{s^j\}$ se obţin caracteristicile reale de funcţionare a ansamblului motor-pompă.

Pentru compararea caracteristicilor de catalog ale pompelor cu caracteristicile reale s-a calculat diferenţa procentuală a puterii între valorile de catalog P_C şi cele reale P_R în funcţie de alunecarea motorului.

$$\Delta P = \frac{P_C - P_R}{P_C} * 100 \quad (3)$$

S-a aplicat modelul în cazul pompei 12NDS, cu alunecarea de catalog s = 0.03333 în ipoteza acţionării cu următoarele tipuri de motoare:

a) MIB 3 250 kW 6 kV s = 0.0146
b) MIB 3 250 kW 380 kV s = 0.01
c) MIB 2 250 kW 6 kV s = 0.0076
d) MIB 2 250 kW 6 kV s = 0.007

În figura 2 s-au reprezentat diferenţele procentuale ale puterii în funcţie de debit.

Din figură rezultă o diferenţă medie ΔP de 6%, pentru motorul MIB 3 250 kW, 6 kV,

respectiv 7%, pentru celelalte tipuri de motoare, corespunzătoare debitului din zona centrală de funcţionare a pompei. Diferenţa se măreşte până la (7,5 - 8,5)% în zona de funcţionare a pompei cu debite mici şi se micşorează la (5 - 6)% pentru debite mari.

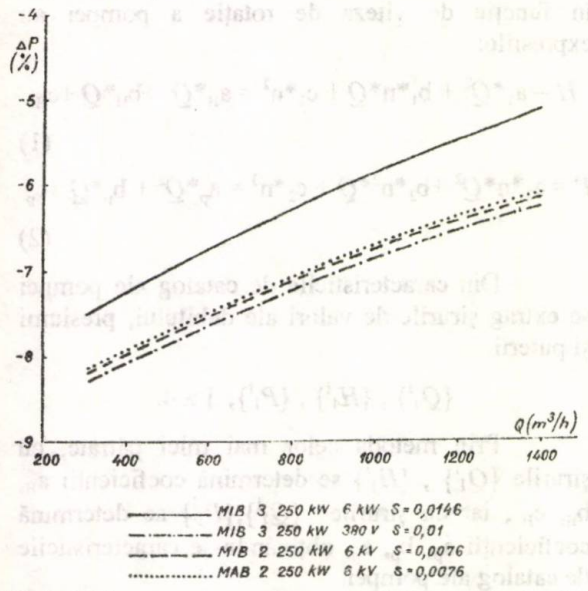


Fig.2. Diferenţa procentuală a puterii între valorile de catalog şi cele în funcţie de alunecarea motorului pentru pompa I 2NDS acţionată cu motoare de 250 kW.

2. Influenţa randamentului convertizorului şi a randamentului motorului antrenat de CSF asupra stabilirii limitei de eficienţă energetică prin folosirea AVV

Pentru a obţine domenii optime din punct de vedere energetic în folosirea AVV trebuie avut în vedere modificarea randamentului pompei, precum şi a randamentului convertizorului şi randamentul motorului acţionat cu CSF .

Pentru antrenarea motoarelor asincrone cu viteză variabilă au fost perfecţionate diferite tipuri de CSF (convertizor de curent, convertizor de tensiune, convertizor MLI), care se deosebesc prin construcţie, randament, încărcare maximă a motorului şi printr-un consum diferenţiat de putere reactivă în întreg domeniul de funcţionare [4].

Funcţionarea CSF se caracterizează prin introducerea unor armonice de curent şi tensiune care determină momente de pendulare şi diminuarea încărcării maxime a motorului faţă de funcţionarea de la reţea (fig.3) [5]. Mai au loc pierderi suplimentare în înfăşurările motorului şi pierderi prin demagnetizare [6 , 7].

Randamentul motorului asincron acţionat prin CSF este dependent de mărimea motorului, de încărcare şi de turaţie, fiind de regulă cu (1-3)% mai mic decât la motorul alimentat de la reţea [1].

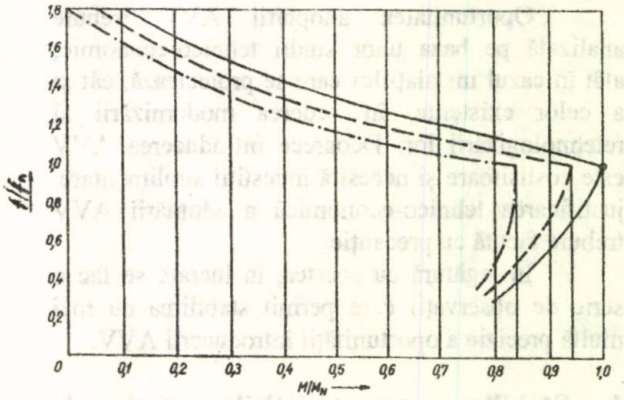


Fig.3. Încărcarea maximă a motorului cu CSF în raport cu motorul acţionat de la reţea: ——— motor acţinat de la reţea; – – – – motor cu convertor MLI; – · – · – · – motor cu convertor de tensiune.

În CSF apar pierderi prin căldură datorate prezenţei bobinelor, a elementelor semiconductoare, precum şi prin alimentarea ventilatoarelor de răcire care ajung la valoarea de (4-8)% la încărcarea şi turaţia nominală. Aceste pierderi rămân aproximativ constante în întreg domeniul de lucru, astfel că randamentul referitor la puterea preluată în cazul reducerii puterii prin micşorarea turaţiei va fi diminuat.

În figura 4 este reprezentată variaţia randamentului convertoarelor de tensiune în raport cu încărcarea şi turaţia [8].

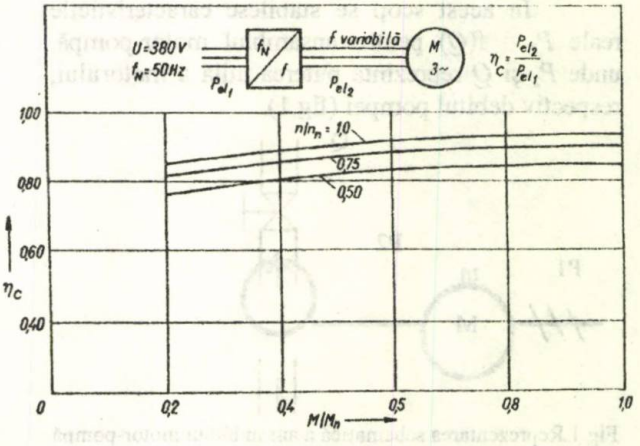


Fig.4. Curba randamentului CSF în dependenţă de încărcare şi turaţie .

Randamentul general al agregatului de pompare cu AVV va fi produsul randamentelor pompei (η_P), motorului η_{MC} şi al convertizorului η_C:

$$\eta_{GC} = \eta_P * \eta_{MC} * \eta_C \qquad (4)$$

Puterea electrică absorbită la funcţionarea cu AVV în punctul nominal:

$$P_{elC} = \frac{P}{\eta_{GC}} = \frac{\gamma * Q * H}{\eta_P * \eta_{MC} * \eta_C} \qquad (5)$$

va fi mai mare decât cea absorbită de motorul alimentat de la reţea:

$$P_{el} = \frac{P}{\eta_{GR}} = \frac{\gamma * Q * H}{\eta_P * \eta_M} \qquad (6)$$

Deoarece randamentul η_C al CSF are valoarea de 0.9-0.96 în punctul nominal şi randamentul η_{MC} al motorului acţionat prin CSF este mai mic decât cel al motorului alimentat de la reţea η_M este evident că funcţionarea agregatului de pompare acţionat prin CSF este mai dezavantajoasă faţă de cea a agregatului de pompare alimentat de la reţea. Avantaje energetice se pot obţine cu motoare asincrone alimentate prin CSF numai în afara punctului nominal. Limita economicităţii va rezulta prin compararea consumului de putere la funcţionarea cu CSF şi cel la funcţionarea fără AVV.

Adaptarea parametrilor unei pompe centrifuge acţionate de la reţea cu viteză constantă la un debit redus al instalaţiei, de la Q_n la Q_1 se realizează prin laminare în conducta de refulare (fig. 5).

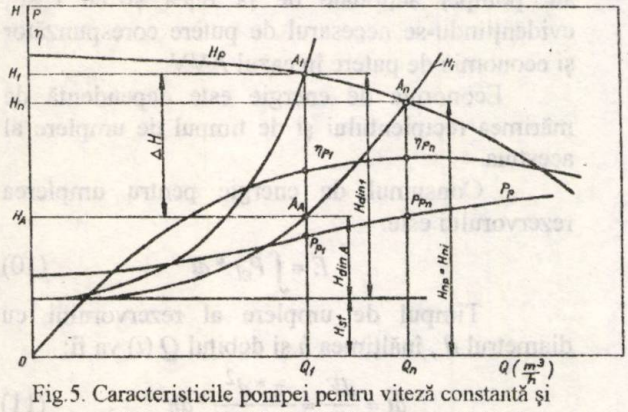


Fig.5. Caracteristicile pompei pentru viteză constantă şi caracteristica instalaţiei $H_r(Q)$: H_P - caracteristica de presiune a pompei; H_i - caracteristica instalaţiei; P_P - caracteristica de putere a pompei.

Punctul de lucru al pompei se deplasează de la A_n la A_1, iar presiunea de la H_n la H_1, deşi instalaţia are nevoie numai de presiunea H_A. Randamentul pompei se modifică de la η_{Pn} la η_{P1}, iar puterea utilă scade de la P_{Pn} la P_{P1}.

Randamentul instalaţiei va fi raportul dintre puterea utilă P_A, corespunzătoare caracteristicii instalaţiei în Q_1, şi puterea absorbită de motor P_{el} :

$$\eta_A = \frac{P_A}{P_{el}}; \quad P_A = \gamma * Q_1 * H_A; \quad P_{el} = \frac{\gamma * Q_1 * H_1}{\eta_{P1} * \eta_M};$$

$$\eta_A = \eta_{P1} * \eta_M * \frac{H_A}{H_1}. \qquad (7)$$

În cazul folosirii CSF, randamentul instalaţiei η_{AU} va fi :

$$\eta_{AC} = \frac{P_A}{P_{elC}}; P_A = \gamma * Q_1 * H_A; \; P_{elC} = \frac{\gamma * Q_1 * H_A}{\eta_{P1} * \eta_{MC} * \eta_C};$$

$$\eta_{AC} = \eta_{P1} * \eta_{MC} * \eta_C. \qquad (8)$$

Pe baza presupunerii admise că randamentul pompei η_P este acelaşi, atât la laminare, cât şi la funcţionarea cu CSF, domeniul optim din punct de vedere energetic pentru introducerea AVV se va obţine din condiţia:

$\eta_{AC} > \eta_A$ echivalentă cu $\frac{H_A}{H_1} \angle \eta_C * \frac{\eta_{MC}}{\eta_M}$. (9)

Domeniul optim de funcţionare cu CSF va fi cu atît mai mare cu cât randamentul convertizorului este mai mare, pierderile suplimentare ale motorului alimentat prin CSF sunt mai mici, iar curba instalaţiei este mai înclinată.

În figurile 6 şi 7 s-au trasat caracteristicile puterii P_{elC} la funcţionarea cu CSF, respectiv a caracteristicilor de randament la funcţionarea cu CSF şi la laminare în funcţie de debit pentru pompa centrifugă KRZ1H 100/250, având debitul nominal Q_n=200m^3/h, acţionată cu un motor asincron tip KMR 250 S2 prin intermediul unui CSF tip EKT 160/380.

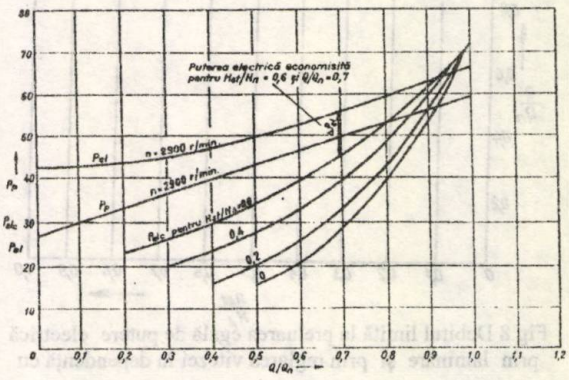


Fig. 6. Necesarul de putere electrică al unei pompe KRZ1H 100/250 cu motor asincron tip KMR 250 S2 la laminare (P_{eln}) şi prin reglarea turaţiei (P_{elc}) cu CSF tip EKT 160/380 în dependenţă cu curba caracteristicii H_{st}/H_A.

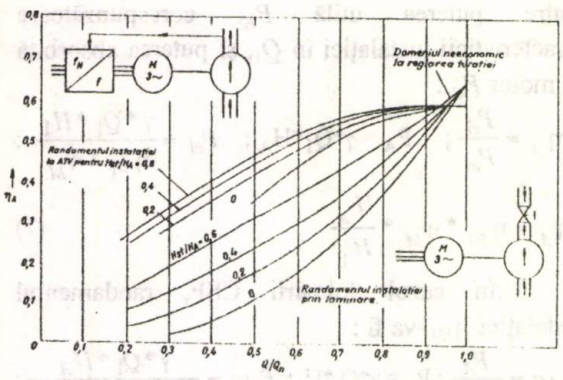


Fig.7. Raportarea randamentelor unei instalaţii cu pompa KRZ1 100/250 cu motor asincron KMR 250 S2 la laminare şi prin reglarea vitezei cu convertizor EKT 160/380 în dependenţă cu curba H_{st}/H_A a instalaţiei.

În domeniul Q/Q_n = 0.92 - 1.0, puterea absorbită de pompă cu CSF este mai mare datorită pierderilor în convertizor şi a pierderilor în motor, mai mari la alimentarea prin CSF decât la funcţionarea cu turaţie constantă.

Punctele de intersecţie a curbelor caracteristice de putere pentru acţionarea de la reţea şi prin CSF dau limita pentru domeniul optim energetic de utilizare a ATV.

Introducerea ATV la pompe va fi cu atât mai avantajoasă cu cât valoarea presiunii statice H_{st} din curba caracteristicii instalaţiei este mai mică.

Limita obţinută din figurile 6 şi 7 a raportului Q/Q_n pentru aceeaşi putere electrică la acţionarea cu CSF şi prin laminare este prezentată în figura 8.

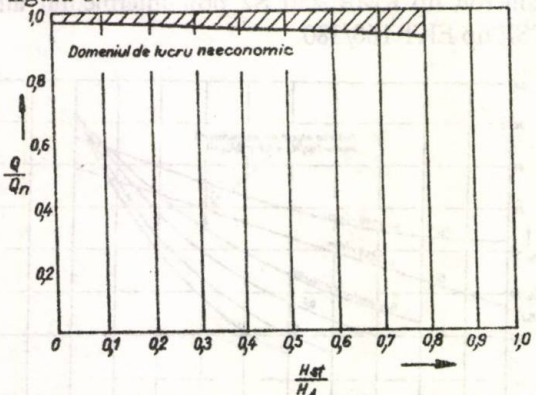


Fig.8 Debitul limită la preluarea egală de putere electrică prin laminare şi prin reglarea vitezei în dependenţă cu curba caracteristică H_{st}/H_A a instalaţiei.

Zona haşurată indică domeniul în care funcţionarea pompei cu CSF este neeconomică şi de aceea trebuie efectuată comutarea prin acţionarea de la reţea.

3. Corelarea regimurilor de funcţionare ale sistemelor de acţionare cu cerinţele procesului tehnologic

Se are în vedere stabilirea instalaţiilor la care introducerea AVV duce la o îmbunătăţire a funcţionării procesului de producţie şi la reducerea consumului energetic.

Introducerea ATV este avantajoasă în cazul instalaţiilor cu parametrii variabili din punct de vedere tehnologic.

Coeficientul de eficienţă energetică [9] în situaţia reglării prin laminare Γ_r în cazul pompelor centrifuge indică folosirea AVV, când pompele funcţionează în domeniul încărcărilor reduse. Pompele cu turaţie specifică n_q mare (cu linia caracteristicii de presiune mai abruptă) au Γ_r cu atât mai mare cu cât instalaţia se caracterizează prin lucru mecanic static mai redus.

Recomandăm câteva instalaţii unde introducerea ATV este posibilă:

a) ***Instalaţia pentru umplerea recipienţilor deschişi sau închişi*** (fig.9 *a*) care lucrează periodic la presiuni şi înălţimi ale nivelurilor de pompare diferite. Pompa din această instalaţie lucrează o perioadă la o presiune maximă, apoi prin laminare la presiuni scăzute. In fig.9 *b c*) sunt reprezentate curbele caracteristice ale pompei acţionate de la reţea şi cu CSF, evidenţiindu-se necesarul de putere corespunzător şi economia de putere în cazul AVV.

Economia de energie este dependentă de mărimea recipientului şi de timpul de umplere al acestuia.

Consumul de energie pentru umplerea rezervorului este:

$$E = \int P_{el} * dt \qquad (10)$$

Timpul de umplere al rezervorului cu diametrul d , înălţimea h şi debitul $Q(t)$ va fi:

$$dt = \frac{dV}{Q} = \frac{\pi * d^2}{4 * Q(t)} * dh \qquad (11)$$

Necesarul de energie:

$$E = \int_{H_{min}}^{H_{max}} \frac{\pi}{4} * \frac{d^2}{Q(t)} * P_{el} * dh \qquad (12)$$

Din (5), (6) şi (12) se deduce economia de energie la umplerea rezervorului prin diferenţa

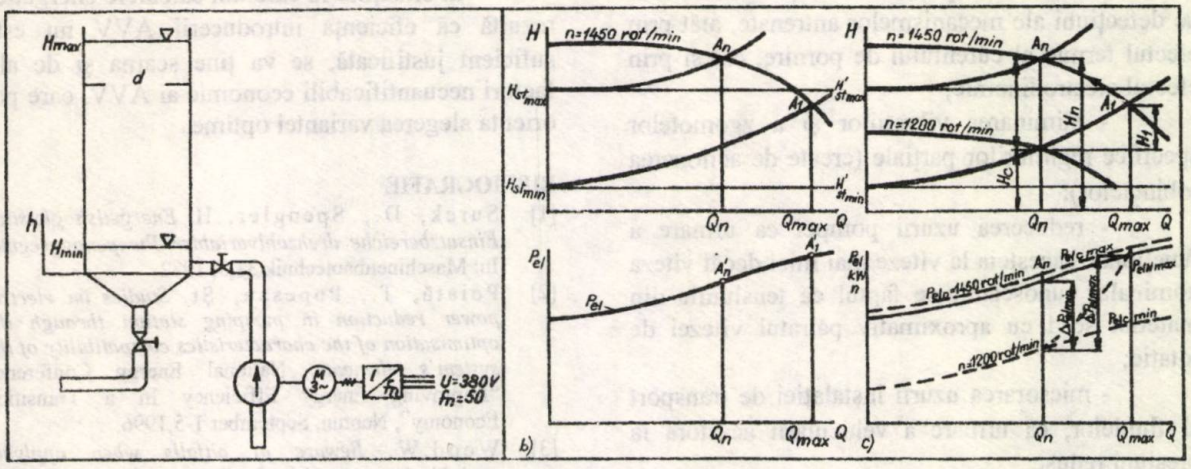


Fig. 9 Instalaţia de pompare pentru umplerea unui rezervor: a - reprezentarea schematică a instalaţiei ; b - curbele caracteristice pompei acţionate de la reţea cu turaţie constantă ; c - curbele caracteristice pompei cu turaţie reglabilă.

între energia E_N necesară la funcţionarea fără CSF şi energia E_C la ATV:

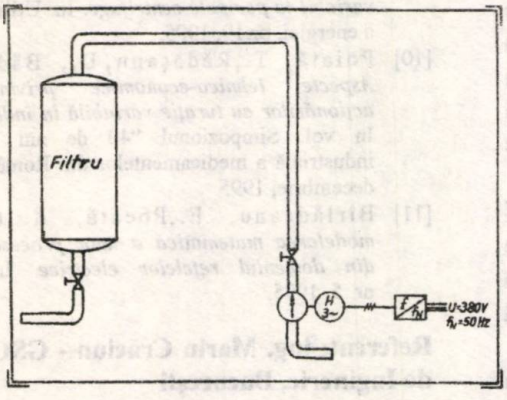
$$\Delta E = E_N - E_C = \frac{\pi}{4} * \rho * d^2 * \int_{H_{min}}^{H_{max}} \left[\frac{H_n}{\eta_P * \eta_M} - \frac{H_C}{\eta_P * \eta_{MC} * \eta_C} \right] * d\,h \qquad (13)$$

Economia de energie poate ajunge la valoare de 26% sau mai mult, în funcţie de caracteristicile instalaţiei şi de mărimea rezervorului, în special de înălţimea acestuia [6].

b. ***Instalaţia de filtrare*** la care pierderea de presiune creşte în timpul perioadei de funcţionare datorită creşterii reziduurilor ce rămân la filtrare. Modificarea curbei caracteristice a instalaţiei şi economisirea de putere sunt reprezentate în figura 10.

4. Considerarea mărimilor necuantificabile

În studiul oportunităţii folosirii AVV pe lângă factorii care se determină cu o precizie acceptabilă (valoarea investiţiei, economia de energie etc.) apar o serie de factori care nu pot fi cuantificaţi economic [10]:



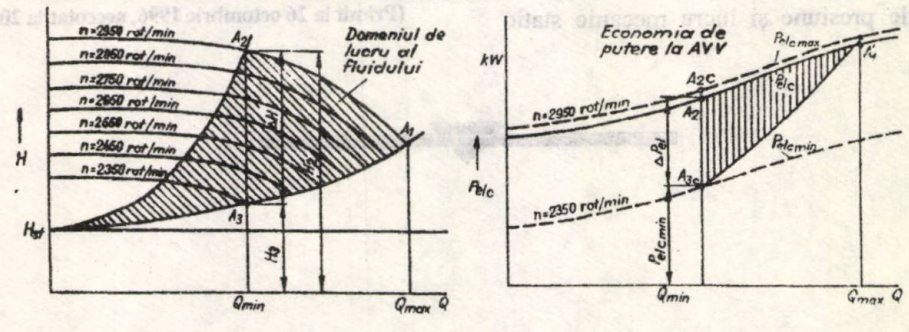


Fig.10. Instalaţia de filtrare: a - reprezentarea schematică a instalaţiei de filtrare; b - curbele caracteristice ale pompei cu turaţie reglabilă, cu indicarea economiei de energie.

- eliminarea pornirilor bruşte generatoare de defecţiuni ale mecanismelor antrenate, atât prin efectul termic al curentului de pornire, cât şi prin efectul electrodinamic;

- eliminarea vibraţiilor şi a zgomotelor specifice regimurilor parţiale (create de actionarea robinetelor);

- reducerea uzurii pompei ca urmare a funcţionării acesteia la viteze mai mici decât viteza nominală, cunoscându-se faptul că tensiunile din material scad cu aproximativ pătratul vitezei de rotaţie;

- micşorarea uzurii instalaţiei de transport al fluidelor, ca urmare a vehiculării acestora la presiuni reduse;

- mărirea duratei de viaţă a motorului prin funcţionarea acestuia la curenţi mai mici decât curentul nominal;

- influenţa AVV asupra calităţii energiei în punctul de racord a CSF (armonici, factor de putere).

Considerând aceşti factori corelaţi cu AVV şi aplicând o metodă similară cu cea indicată de literatură [11] se poate obţine soluţia optimă care să includă toate aceste elemente.

Concluzii

Estimarea reducerii consumului de energie electrică prin introducerea AVV se face cu precizie în cazul folosirii caracteristicilor reale ale pompelor şi compresoarelor, stabilite prin metoda propusă. Conform rezultatelor obţinute prin această metodă, în cazul studiat apare o diferenţă de putere de (6-8)% comparativ cu valorile de catalog.

În analiza oportunităţii folosirii ATV trebuie să se ţină seama în calculele energetice de randamentul convertizorului şi de modificarea randamentului motorului când acesta este antrenat cu CSF.

Instalaţiile la care este indicată utilizarea ATV se caracterizează prin gradient scăzut al caracteristicii de presiune şi lucru mecanic static redus.

În situaţiile în care din calculele energetice rezultă că eficienţa introducerii AVV nu este suficient justificată, se va ţine seama şi de alţi factori necuantificabili economic ai AVV, care pot orienta alegerea variantei optime.

BIBLIOGRAFIE

[1] Surek, D., Spengler, H. *Energetish günstige Einsatzbereiche drehzahlvariabler Pumpenaggregate.* In: Maschinenbautechnik 31,3, 1982.

[2] Poiată, T., Popescu, Şt. *Studies on electric power reduction in pumping station through the optimisation of the characteristics compatibility of the system's elements*, National Energy Conference "Improving Energy Efficiency In a Transition Economy", Neptun, September 1-5,1996.

[3] Wood,W. *Beware of pitfalls when applying variable-frequency drive.* In: Power, vol.131,nr.2,1987.

[4] Kabisch,H. *Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes umrichtergespeister Drehstromantriebe in der Industrie.* In: Elektrie, Berlin 34,1980.

[5] Schönfeld,R. *Frequenzsteuerung von Asynchronmotoren mit Hilfe statischer Frequenzumformer.* In: Vortrag, vol 22, 5, 1981, Berlin.

[6] Enon,J.,Simonet,H. *Les problèmes liés aux moteurs à vitesse variable vus par un constructeur de moteurs.* In: RGE nr. 5, 1993.

[7] Kordus,A., Marszalkiewicz,K. *Zusätzliche Wirkleistungsverluste im Elektroenergieversorgungsnetz, das die Thyristorumformer speist.* In: Energietechnik, Vol. 36,51986.

[8] * * * *Statische Frequenzumformer zur stufenlosen Regelung von Drehstrommotoren.* Danfob-Informationsschrift, Nordberg ,1976.

[9] Poiată,T. *Contribuţii la ameliorarea metodelor de evaluare a soluţiilor optime în acţionările cu reglaj variabil la pompele centrifuge.* In: Utilizarea eficientă a energiei, nr.19, 1995.

[10] Poiată, T.,Rădăşanu,D., Bădulescu, C. *Aspecte tehnico-economice privind utilizarea acţionărilor cu turaţie variabilă în industria chimică.* In vol. Simpozionul "40 de ani de biosinteză industrială a medicamentelor din România", Iaşi, 8-9 decembrie, 1995.

[11] Bîrlădeanu, E.,Poeată, A. *Contribuţii la modelarea matematică a unor procese manageriale din domeniul reţelelor electrice.* In: Energetica, nr. 5, 1995.

Referent: ing. Marin Crăciun - GSCI - Centrul de Inginerie, Bucureşti

(Primit la 26 octombrie 1996, acceptat la 20 ianuarie 1997)

EFECTELE CÂMPURILOR ELECTRICE ŞI MAGNETICE ASUPRA SĂNĂTĂŢII, ÎN ATENŢIA UNIPEDE

1. Generalităţi privind câmpurile electrice şi magnetice

În fizică, câmpul este considerat o proprietate a spaţiului care se concretizează prin apariţia de forţe în anumite condiţii.

Câmpul electric (CE), creat în vecinătatea unui conductor aflat sub sarcină, este un vector cuantificat prin intensitatea câmpului E. Acest vector reprezintă forţa exercitată de un câmp electric pe unitatea de sarcină, fiind măsurat în volţi pe metru ($V.m^{-1}$).

Câmpul magnetic (CM) este cuantificat prin vectorul intensitatea câmpului H, care se exprimă în amperi pe metru ($A.m^{-1}$) sau în tesla T ($1\mu T = 0,8\ A.m^{-1}$).

Acţiunea şi reacţiunea dintre câmpul electric, câmpul magnetic şi curenţii electrici constituie baza electromagnetismului (teoria câmpurilor electromagnetice), disciplină care este la originea aplicaţiilor moderne ale producerii, transportului, distribuţiei şi utilizării energiei electrice şi ale cărei expresii matematice au fost date de Maxwell încă de la finele secolului al XIX-lea.

În timp ce câmpurile electrice sunt parate de orice structură (copaci, case etc.), cele magnetice nu sunt sensibil diminuate de obstacole, dar se atenuează cu distanţa.

Câmpurile electrice şi magnetice (CEM) apar în fiecare moment şi în orice loc unde se produce sau se transportă toată energiea electrică, precum şi în vecinătatea aparaturii electrice. Deci, în societatea modernă, expunerea la CEM alternative este un fapt obişnuit: în locuinţă, la locurile de muncă, în numeroase mijloace de transport, pe stradă, în magazine etc.

2. Sunt oare câmpurile electromagnetice nocive pentru sănătate?

Se pare că această întrebare a fost lansată prin anii '60 ai secolului nostru, când în literatura tehnică sovietică, unii cercetători au semnalat faptul că personalul de exploatare al staţiilor de 400 kV se plângea de dureri de cap, oboseală, tulburări de somn, anxietate etc.

Informaţiile au fost primite cu scepticism de comunitatea ştiinţifică occidentală şi datorită lipsei unei metodologii bine fundamentate care să demonstreze corelaţia "cauză-efect".

Totuşi, în anii '70 au început şi în vest studii axate mai ales pe efectele câmpurilor electrice, fără a se obţine probe concludente în acest sens. În 1979, N. Wertheimer şi E. Leeper au publicat studiul privind relaţia dintre densitatea de reţele electrice (exprimate sub forma unui cod de cabluri - "wiring code" -) şi cancerul la copii.

În contextul întrebării de mai sus, a apărut un nou suspect: câmpul magnetic, care a fost abordat cu prioritate în studiile elaborate în anii '80 şi '90.

Specialiştii au început să facă distincţie între efectele biologice pe termen scurt şi cele pe termen lung (epidemiologice) ale câmpurilor electrice şi magnetice.

Cele pe termen scurt, a căror existenţă este recunoscută, au drept manifestări: magnetofosfene, stimulări musculare sau nervoase şi vibraţii ale sistemului pilos. Cele pe termen lung, care, aşa cum se arată în continuare, nu au fost confirmate, au în vedere: cancerele de diverse forme şi afectarea funcţiei de reproducere. O sinteză a unora dintre cele mai recente studii epidemiologice privind riscurile expunerii la câmpuri electrice şi magnetice este prezentată în tabelele 1 şi 2 [1].

Se remarcă faptul că puţine studii au rezultate statistice semnificative, iar pe de altă parte nu există coerenţă între concluzii. Astfel, printre studiile asupra personalului de exploatare, cel suedez (B. Floderus) - care a făcut "o mare vâlvă" la timpul său - indică o corelaţie între câmpul magnetic şi leucemia limfoidă cronică, în timp ce studiul californian (J. Sahl) nu a găsit practic nici o legătură cu leucemia, nici cu cancerul la creier.

Tabelul 1

Studii epidemiologice în mediu profesional

Autorul	Data publicării	Ţara	Riscul relativ	Boala
			Diminuare / Creştere	
B. Floderus	1993	Suedia		- Leucemie mieloidă acută - Leucemie limfoidă cronică
P. Guenel	1993	Danemarca		- Leucemie - Cancer la sân (bărbaţi) - Cancer la sân (femei)
G. Matanoski	1993	SUA		- Leucemii
J. Sahl	1993	SUA (Califomia)		- Leucemii - Cancer la creier
TG. Theriault	1994	Franţa Canada		- Leucemie micloidă acută - Tumori cerebrale
D. Loomis	1994	SUA		- Cancer la sân (telefoniste) - Cancer la sân (programatoare)
P. Rosenbaum	1994	SUA		- Cancer la sân (bărbaţi)
D. Savitz	1995	SUA		- Cancer la creier - Leucemii

0,05 0,1 0,3 1 3 10 20

Tabelul 2

Studii epidemiologice în mediu rezidenţial (populaţie)

Autorul	Data publicării	Ţara	Riscul relativ		Boala
			Diminuare	Creştere	
N. Wertheimer	1979	SUA (Colorado)		•	- Toate cancerele
L. Tomenius	1986	Suedia		•	- Toate cancerele
D. Savitz	1988	SUA (Colorado)		•	- Toate cancerele
				•	- Toate cancerele
A. Myers	1990	Marea Britanie (Leeds)		•	- Toate cancerele
S. London	1991	SUA (California)		•	- Leucemii
				•	- Leucemii
N. Feychting	1992	Suedia		•	- Toate cancerele
				•	- Leucemii
J. Ohlsen	1993	Danemarca		•	- Toate cancerele
P. Verkasalo	1993	Finlanda		•	- Toate cancerele

0,05 0,1 0,3 1 3 10 20

Din păcate, estimarea expunerii la CE şi CM suferă de un dublu handicap: pe de o parte, marja de variaţie a acestor câmpuri este enormă, iar pe de altă parte nu există încă o măsură recunoscută pentru doza de energie electromagnetică primită. În plus, singurul mecanism de acţiune cunoscut cu certitudine la om este acelaşi referitor la curenţii induşi în organism de către câmpurile prezente în mediul ambiant. Aceşti curenţi induşi vor fi în general mai reduşi decât curenţii endogeni fiziologici, de genul celor înregistraţi în cursul activităţii cerebrale sau cardiace.

De obicei, expunerea profesională (a personalului care lucrează în instalaţii electrice) este superioară celei casnice (populaţiei), dar studiile au evidenţiat că profesiunile cele mai expuse nu sunt asociate cu o creştere evidentă a riscului de cancer [9].

3. Preocupări ale UNIPEDE privind studiul câmpurilor electrice şi magnetice

3.1 Uniunea Internaţională a Producătorilor şi Distribuitorilor de Electricitate (UNIPEDE), fondată în 1925, este o organizaţie profesională, care cuprinde companii de electricitate din 56 de ţări, 37 din Europa, iar restul reprezentând celelalte continente: America de Nord, America de Sud, Asia, Africa şi Australia.

România este membru al UNIPEDE din 1929 şi după o întrerupere de câteva decenii în timpul regimului comunist, a revenit în marea familie a "electricienilor" în 1991, având ca "reprezentant" Regia Autonomă de Electricitate" (RENEL).

În cadrul UNIPEDE operează o serie de comitete coordonatoare, de studii şi specifice, grupe permanente, de experţi şi de corespondenţi, colective pe probleme.

Dintre aceste structuri "Grupul permanent pentru probleme medicale" (PGMM) şi "Comitetul Specific pentru Mediu" (ESC) (din care face parte şi autorul acestei lucrări) acordă în ultima vreme o atenţie sporită aspectelor privind efectele câmpurilor electrice şi magnetice asupra sănătăţii personalului şi a populaţiei [5].

3.2. Raportul "Grupului permanent pe probleme medicale (PGMM) - UNIPEDE din 29.04.1992

După o scurtă trecere în revistă a preocupărilor în domeniu, în anii 1970 şi respectiv 1980, documentul subliniază că, cele mai autorizate organizaţii profesioniste ca de exemplu: WHO (Organizaţia Mondială a Sănătăţii), IRPA (Asociaţia Internaţională de Protecţia contra Radiaţiilor) şi NRPB (Consiliul Naţional de Protecţie Radiologică din Marea Britanie), au revăzut constatările studiilor epidemiologice respective şi au ajuns la concluzia că "*ele pot fi considerate ca suficiente în a justifica viitoare cercetări, însă nu pot justifica modificări în practicile curente de funcţionare a instalaţiilor electrice*" [6].

3.3. Declaraţia PGMM-UNIPEDE, ca urmare a întâlnirii de lucru din 27.10.1992

Reuniunea de lucru a luat notă de întrunirea Comitetului Ştiinţific "Radiaţie şi Muncă" al Comisiei Internaţionale pentru Sănătate Profesională (ICOH) de la Paris, în perioada 21-23.10.1992, unde au participat experţi din Europa, SUA, Canada, Australia, Africa de Sud şi Japonia şi la care s-au prezentat şi dezbătut următoarele teme: expunerea diverselor categorii de personal la câmpuri electrice şi magnetice, efecte biologice, mecanisme posibile epidemiologice, limite (norme) internaţionale.

PGMM-UNIPEDE şi-a însuşit cu această ocazie concluzia ICOH, şi anume: "*dovezile cu referire la efectele pe termen lung asupra sănătăţii, produse de câmpurile electrice şi magnetice nu justifică nici o schimbare în practicile curente din industria energetică, însă problematica trebuie menţinută în continuare sub observaţie*" [10].

3.4. Seminarul Comitetului Specific pentru Mediu (ESC) -UNIPEDE, Paris, 18-19-01.1993

Una din principalele teme ale seminarului (la care a participat şi autorul acestei lucrări) a fost axată pe "câmpurile electrice şi magnetice".

Tabelul 3

Valori limită pentru câmpul electric în cazul liniilor electrice aeriene [kV/m]

Ţara	În general	Intersecţii de drumuri	Zone accesibile sau locuite	Marginea coridorului de protecţie	Statut	Baza
SUA-Florida	10; 8[a]	-	-	2	S	Q, P
SUA-Minnesota	8	-	-	-	L	H
SUA-Montana	-	7	-	1	S	P, H
SUA-New Jersey	-	-	-	3	G	P
SUA-New York	11,8	11; 7[b]	-	1,6	L	Q
SUA-Oregon	-	-	9	-	S	P
Belgia	10	7	5	-	S	H
Cehoslovacia	15	10	1	-	S	P, H
Japonia	-	-	3	-	S	P
URSS	20; 15[c]	10	5; 1[d]	-	S	P, H

a = linii de 500 kV şi respectiv 230 kV; b = drumuri particulare şi respectiv publice; c = zone greu accesibile şi respectiv nelocuite; d = zone locuite şi respectiv în construcţie.

Cu această ocazie s-a făcut şi o reactualizare a situaţiei reglementărilor din diverse ţări privind expunerea la frecvenţele de 50-60 Hz, prezentată anterior de dr. B. Maadock (Marea Britanie) la o conferinţă de specialitate la 10.09.1991, precum şi la întrunirea ICOH menţionată la pct. 4.2. (tabelele 3, 4, 5, 6) [3].

Tabelul 4

Valori limită pentru câmpul electric la frecvenţa reţelei - în general - [kV/m]

Ţara (Organizaţia)	Profesional (Lucrători)	Populaţie	Statut	Baza
Australia	ca IRPA	ca IRPA	G	J
Cehoslovacia	15	-	S	P, H
Germania	20,7	20,7	S	J
Polonia	20[a]; 15	10; 1[b]	S	P, H
Marea Britanie- NRPB	12,3[c]	12,3[c]	G	I
SUA-ACGIH	25	-	G	J
URSS	25 la 5[d]	-	S	P, H
IRPA	30 la 10[e]	10[f]; 5[g]	G	J

a = 2 ore maximum; b = 1 kV/m, se aplică la locuinţe, spitale, şcoli şi la lucru; c = poate fi depăşită dacă restricţia de bază este respectată ; d = funcţie de durata expunerii t (în ore/zi de lucru); t = 50/E-2, pentru E cuprins între 5-20 kV/m. Pentru E cuprins între 20-25 kV/m, expunerea permisă este de numai 10 minute; e = funcţie de durata expunerii t ≤ 80/E pentru E cuprins între 10-30 kV/m ; f = până la câteva ore/zi şi poate fi depăşită până la câteva minute/zi cu precauţii pentru prevenirea efectelor cuplării indirecte; g = până la 24 ore/zi - acestă restricţie se aplică spaţiilor deschise în care populaţia îşi petrece cea mai mare parte a zilei (zone de recreere, locuri de reuniuni şi locuri de muncă).

Tabel 5

Valori limită pentru câmpul magnetic în cazul liniilor electrice aeriene [mT]

Ţara	Marginea coridorului de protecţie	Statut	Baza
SUA-Florida	0,02; 0,015[a1]	S	Q
SUA-New-York	0,02	L	Q

Tabelul 6

Valori limită pentru câmpul magnetic la frecvenţa reţelei [mT]

	Profesional	Populaţie	Statut	Baza
Australia	ca IRPA	ca IRPA	G	J
Germania	5	5	S	J
Marea Britanie NRPB	2[a2]	2[a2]	G	I
SUA-ACGIH	1	-	G	J
URSS	7,5 la 1,8[b]	-	-	W
IRPA	25[c]; 5[d]; 0,5[e]	1[f]; 0,1[g]	G	J

a_1 = linii de 500 kV şi respectiv 230 kV; a_2 = poate fi depăşită dacă restricţia de bază este respectată ; b = variază cu durata expunerii de la 1 la 8 ore/zi de lucru; c = pentru membre (mâini şi picioare); d = durata maximă de expunere de 2 ore/zi de lucru ; e = pentru întreaga zi de lucru ; f = până la câteva ore/zi şi poate fi depăşită până la câteva minute/zi cu precauţii pentru prevenirea efectelor cuplării indirecte ; g = până la 24 ore/zi- această restricţie se aplică spaţiilor deschise în care populaţia îşi petrece cea mai mare parte a zilei (zone de recreere, de reuniuni şi locuri de muncă).

Notă. În tabele 3 - 6 s-a notat cu :
G = Recomandare ; L =Limită sau specificaţie stabilită de autoritatea care aprobă construcţia LEA; S = Standard, ordin sau hotărâre cu putere de lege; H = Sănătate - grijă faţă de efecte posibile ; P = percepţie de descărcare sub formă de arc (scânteie) sau senzaţii de furnicătură (ţiuială) ; Q = Status Quo-câmpuri limitate la valori existente ; I = Intensitatea curentului este restricţia de bază; J = Densitatea curentului indus este restricţia de bază; NRPB = National Radiological Protection Board; IRPA = International Radiation Protection Association; ACGIH = American Conference of Governmental Industrial Hygienists; W = Valorile arată că s-a avut în vedere în primul rând sudura cu arc electric.

Tabelul 7

Noutăţi în domeniul reglementărilor cu privire la câmpurile electrice şi magnetice [8]

Ţara/Organizaţia	Reglementări propuse
Germania	- Noi standarde: • pentru CE (kV/m): 350/f pentru expunere de 24 ore/zi şi 500/f pentru 6 ore/zi • pentru CM (μT): 20112/f şi respectiv 50280/f ; f = 50 Hz
Marea Britanie	- În prezent: • pentru CE (kV/m): 25 pentru personal şi 12 pentru populaţie • pentru CM (mT): 2 (la o densitate a curentului indus de 1 mA/m²) - Propunere: • pentru CE (kV/m):12 • pentru CM (μT): 800 (la o densitate de 10 mA/m²)
Portugalia	- Se vor aplica normele IRPA
Norvegia	- "Strategia de precauţie" recomandă să nu se construiască linii noi lângă zone locuite
Suedia	- Recomandări generale ca la şcoală copiii să nu fie expuşi la CM > 0,2-0,3 μT - Se pregătesc noi reglementări privind construcţia noilor linii electrice şi a locuinţelor, în scopul reducerii expunerii la CM
SUA	- The American National Standards Institute împreună cu The Institute of Electrical and Electronics Engineers au pregătit o extindere a standardelor lor până la 3 kHz
Comisia Comunităţii Europene	- Direcţia CCE responsabilă cu sănătatea şi securitatea lucrătorilor (DG 5), prin Comitetul tehnic (TC 111)-CENELEC a elaborat standardul "Efectele asupra sănătăţii datorate câmpurilor electrice şi magnetice la frecvenţa reţelei (50 Hz) [9

3.5. Studiul comun franco-canadian privind riscul asociat al expunerii profesionale la câmpuri magnetice de foarte joasă frecvenţă (50-60 Hz)

În 1988, Electricité de France, Hydro-Québec (membre marcante ale UNIPEDE) şi Ontario-Hydro au decis să elaboreze un studiu cu tema de mai sus. Studiul a avut ca subiecţi 224000 muncitori (din care 170000 francezi) şi a analizat 4151 cazuri de cancer survenite în perioada 1970-1989 în cele trei companii de electricitate, implicând măsurări ale câmpurilor magnetice în cazul a 2066 lucrători pe durata unei săptămâni şi ţinând cont de numeroşi alţi factori de risc cunoscuţi pentru cancer.

Au fost consultaţi şi epidemiologi de reputaţie internaţională de la Universitatea Mc Gill (Montreal), Institutul de Sănătate şi Cercetări Medicale - ISRM (Paris) şi Universitatea din Toronto.

Potrivit regulilor de deontologie convenite, a fost interzisă difuzarea oricărei informaţii asupra lucrării, înainte de publicarea ei într-o revistă ştiinţifică de reputaţie internaţională, fapt consum[illegible] în American Journal of Epidemiology (SUA), la 15.03.1994 [4].

Principalele concluzii ale raportului final asupra acestui studiu de referiţă în domeniu, au fost următoarele:

1. Pe ansamblul cazurilor de cancer analizate nu a fost observată nici o asociere cu câmpurile electrice sau magnetice.

2. Din 32 de tipuri de cancer analizate, la 29 din ele nu s-a remarcat nici o corelaţie cu CE sau CM.

3. O anumită relaţie cu expunerea cumulată la CM a fost constatată pentru:

- leucemia acută nonlimfoidă (60 cazuri), din care 47 cazuri de leucemie mieloidă acută ;

- astrocitom (41 cazuri), care este o formă de tumoare cerebrală.

Totodată:

** rezultatele nu au arătat nici o relaţie între cauză şi efect; (25 % din subiecţi au înregistrat o doză cumulată de-a lungul cerierei de 3,1 μT la EDF, 11,8 μT la HQ şi 9,1 μT la OH);*

** pentru astrocitom, numărul redus al cazurilor şi imprecizia rezultatelor, nu a permis o concluzie ;*

** nu au fost observată nici o relaţie clară în ceea ce priveşte efectul CE [11].*

3.6. Declaraţia PGMM-UNIPEDE din 24.10.1994

În acest document se arată că de la prima luare de poziţie a grupului din 29.14.1992 (la punctul 3.3. de mai sus) s-au elaborat numeroase lucrări epidemiologice şi biologice importante. Studiile din ţările scandinave [2; 6] studiul franco-canadian, precum şi cele din SUA în mediul profesional au formulat noi ipoteze privind efectele câmpurilor electrice şi magnetice. Având în vedere progresele considerabile ale utilizării electricităţii în cursul ultimilor 50 de ani şi abundenţa de aparatură electrică în serviciu, PGMM subliniază că: "*aceste fapte nu au fost însoţite de o creştere semnificativă a diverselor afecţiuni din categoria cancerelor, care să poată fi puse pe seama expunerii la CEM*".

În sprijinul acestei afirmaţii se anexează situaţia consumului de energie electrică şi incidenţa cancerelor în Danemarca, în perioada 1943-1988, prezentată în figura 1.

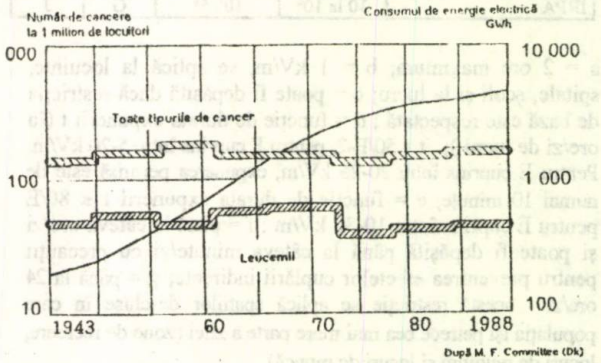


Fig.1. Consumul de energie electrică şi incidenţă cancerelor în Danemarca.

În diversele studii epidemiologice efectuate, riscul relativ al anumitor tipuri de leucemie legate de CM, chiar în cazul copiilor, rămâne constant - între 1 şi 3 - ceea ce reprezintă o valoare foarte scăzută. Ea semnifică faptul că, de exemplu, la o ţară cu circa 50 milioane de locuitori, la 400 de cazuri eventuale de leucemie infantilă pe an, unul sau cel mult, două, ar putea fi imputate expunerii la CM.

Rezultatele studiilor experimentale, atât "in vitro" cât şi "in vivo" nu sunt coerente şi în general nu sunt reproductibile. Dacă, fără îndoială, în anumite circumstanţe

CM pot influenţa anumite procese biologice, nu există certitudinea că acest efecte au un rol pozitiv sau negativ asupra sănătăţii.

În ceea ce priveşte cancerul se pare că există un consens: CEM nu sunt iniţiatoare de cancer. Dacă ar exista un efect, acesta n-ar putea fi decât un agent promotor.

În argumentarea acestor idei sunt citate raportul NRPB "Electromagnetic Fields and the Risck of Cancer", precum şi declaraţia NRPB din aprilie 1994, care concluzionează printre altele că "la ora actuală nu dispunem *de date biologice care să permită recunoaşterea faptului că CE şi CM de foarte joasă frecvenţă ar avea influenţă asupra vreunuia dintre stadiile cunoscute ale cancerelor. PGMM opinează că faţă de problema în discuţie nu poate adopta nici conceptul "Prudent Avoidance" (evitare prudentă) şi nici "ALARA" - As Low As Reasonably Achievable' (atât de redus pe cât este rezonabil posibil), deoarece încă nu s-a stabilit ce fel de doză individuală (expunere medie, de vârf sau cumulată?) trebuie urmărită, astfel ca să corespundă la un efect demonstrabil şi cuantificabil.*

În final PGMM consideră că nu este cazul să-şi modifice concluziile din raportul său precedent şi aderă la declaraţia Comitetului de lucru al ICOH de la Marne la Valée, octombrie 1992 (a se vedea pct. 3.2. şi 3.3.). Aceste opinii sunt însuşite şi de autorităţile internaţionale: OMS, IRPA şi naţionale: NRPB din Marea Britanie şi Academia Naţională de Medicină din Franţa.

BIBLIOGRAFIE

[1] Deschemps, F, Hutzler, B şi Lambrozo, J,. *Champs électriques et magnétiques et santé,* In: Épure (Franţa) nr. 50/1996, p. 17-23.

[2] Feychting, M şi Ahlborn, A. *Magnetic fields and cancer in people residing near Swedish high voltage power lines,* Institut for miljomedicin Karolinska Institutet, Stockholm, 1992.

[3] Maadock, B.J. *Guidlines and standards for Exposure at Frequences below 100 kHz,* ERA - Report 91.0510. Conference Proceedings. Electromagnetic fields and human health, 10 Sept. 1991.

[4] Theriault, G, Goldberg, M, Miller, A. B., Armstrong, B, Guenel, P., Deadman, J., Jonbernon, E., To T, Chevalier, A., Cyr, D şi Wall C, *Cancer Risks Associated with Occupational Exposure to Magnetic Fields among Electric Utility Workers in Ontario and Quebec, Canada, and France: 1970-1989.* In : American Journal of Epidemiology (SUA), vol. 139, no. 6, 1994, p. 550-572.

[5] Ţuţuianu,O, *Protecţia mediului înconjurător în atenţia UNIPEDE,* În Energetica, seria A, nr, 6, nov.-dec. 1992, p. 273-274.

[6] Verkasalo,P, Pukkala,E, Hongisto, M, Valjus, J, Jarvinen, P, Heikkila, K şi Koskenvuo, M, *Childhood Cancer Risk and Residential Magnetic Fields on the Public,* Permanent Group on Medical Matters of UNIPEDE, 29 Apr. 1992.

[7] *** *Effects on Extremely Low (50-60 Hz) Electric and Magnetic Fields on the Public,*Permanent Group on Medical Matters of UNIPEDE, 29 Apr. 1992.

[8] *** *Electric and Magnetic Fields - up Date,* Environment Specific Committee of UNIPEDE Workshop in Paris, 18-19 Jan. 1993.

[9] *** *Health Effects Due to Electric and Magnetic Fields at Power Frequency* (Standard) CENELEC SC 111A, 30 Mar. 1993.

[10] *** *Evaluation des effects des champs électriques et magnétiques de tres basse frequence (50-60 Hz) en population générale,* Group Permanent Medical de l' UNIPEDE, 24 Oct. 1994.

[11] *** *Actualités scientifiques et médicales des champs électromagnétiques,* In: EDF - GDF " Magnetoscopie", no. 4, Mars, 1994

ing. Ovidiu Ţuţuianu - *RENEL*

OFSZÁGOS KÖZPONT 1883 MŰSZAKI KÖNYVTÁR INFORMÁCIÓS

INHALT

VASILE RUGINĂ: Gespräch am runden Tisch: "Erhöhung der Effizienz bei der Nutzung von Elektroenergie und Wärme. Elektrische Technologien für die Energienutzung" 51

STEVEN FAWKES: Das Energiemanagement der Betriebe und die Bedeutung der Energiemanager 52

ŞTEFAN MARIN, DOINA HOTOPELEANU, GEORGETA NEAGOE: Die Einschätzung des Energie-konservationspotentials im Falle der Industrie-großverbraucher. Verwertungsmöglichkeiten 64

CARMEN GOLOVANOV, TUDOR ANTOHI, GHEORGHE LUPŞA : AMR - Systeme (Automatic Meter Reading). Die automatische Erfassung und Verarbeitung der Verwaltungsdaten für elektrische Leistung un Energie 74

TEODOR POIATĂ, GHEORGHE CÎRŢÎNĂ: Zur Frage der Einschatzung der Effizienz beim Einsatz der variablen Drehzahl fur Antriebe der Pumpen-und Gebläseanlagen 84

INFORMATIONEN

OVIDIU ŢUŢUIANU: Die Einwirkung elektrischer und magnetischer Felder auf die Gesundheit im Blickfeld der UNIPEDE 91

CONTENTS

VASILE RUGINĂ: Round Table on Electricity and Thermal Power Consumption Efficiency Increase. Electrical Technologies for the Electric Power, Utilisation 51

STEVEN FAWKES: Energy Management Problems of the Entreprises and the Importance of the Energy Sector Managers 52

ŞTEFAN MARIN, DOINA HOTOPELEANU, GEORGETA NEAGOE: Assessment of the Energy Conservation Potential of the Energy Intensive Consumers. Possible Ways to Capitalize on It 64

CARMEN GOLOVANOV, TUDOR ANTOHI, GHEORGHE LUPŞA : Automatic Meter Reading: Automatic Sampling and Processing of the Power and Electric Power Management Related Data 74

TEODOR POIATĂ, GHEORGHE CÎRŢÎNĂ: Considerations on the Assessment Methodology of the variable Speed Efficient Use with the Pump and Compressor Stations Drives 84

INFORMATIONEN

OVIDIU ŢUŢUIANU: The Effects of thr Electric and Magnetic Fields upn Hwakrh - A Problem Brought up for Discussion by UNIPEDE 91

СОДЕРЖАНИЕ

ВАСИЛЕ РУДЖИНЭ: Круглый стол "Повышение еффективности использования электрической и тепловой энергии. Электрические технологии использования энергии 51

СТЕВЕН ФОКС: Управление энергетическими предприятиями и важность администраторов в энергетической области 52

ШТЕФАН МАРИН, ДОИНА ХОТОПЕЛЕАНУ, ДЖЕОРДЖЕТА НЕАГОЕ: Оценка потенциала сохранения энергии для болъших промышленных потребителей . Возможности лучшего его использования 64

КАРМЕН ГОЛОВАНОВ, ТУДОР АНТОХИ, ГЕОРГЕ ЛУПША: Системы автоматического считывания показаний: автоматическии отбор и обработка данных управления мощностью и электрической энергией 74

ТЕОДОР РОИАТЭ, ГЕОРГЕ КЫРЦЫНЭ : Соображения о методологии оценки эффективности использования меняющего число оборотов в минуту в приводах установок насосов и компрессоров 84

ИНФОРМАЦИИ

ОВИДИУ ЦУЦУЯНУ: Действие электрического и магнитного полей на здоровье принятые во внимание UNIPEDE 91

SOMMAIRE

VASILE RUGINĂ: Table Ronde sur l'Augmenation de l'efficacité de l' utilisation de l'energie électique et thermique. Technologies électriques pour l'utilisation de l'énergie electrique 51

STEVEN FAWKES: La gestion énergétique pour les entreprises et l'importance des directeurs des départaments énergétiques 52

ŞTEFAN MARIN, DOINA HOTOPELEANU, GEORGETA NEAGOE: L'évoluation du potentiel d'économie d'énergie dans le cas des gros consommateurs industriels. Possibilités de valorisation de ce potentiel 64

CARMEN GOLOVANOV, TUDOR ANTOHI, GHEORGHE LUPŞA: Système AMR: le prélèvement automatique et la traitement de données de gestion de la puissance et de l'énergie électrique 74

TEODOR POIATĂ, GHEORGHE CÎRŢÎNĂ: Des considérations concernant la méthodologie d'évaluation du rendement de la vitesse de rotation variable dans les commandes des installations de pompes et de compresseurs 84

INFORMATIONS

OVIDIU ŢUŢUIANU: Les effects des champs électriques et magnetiques sur la santé, demande l'attention de l'UNIPEDE 91

Regia Autonomă de Electricitate Romania RENEL

Grupul de Studii, Cercetare şi Inginerie

Bd. Energeticienilor 8, 79619 Bucureşti, România
tel. 401 321 6966, 401 323 6730, fax 401 321 1010
e-mail: srai@cci. vsat. ro, telex: 10783 icce r
Cont bancar: 30.11.8.01.01 BCR fil. sect. 3, Bucureşti

CIT - CENTRUL DE INFORMATICĂ ŞI TELECOMUNICAŢII
tel.: 321.45.98; fax: 321.43.65

Cercetare aplicativă în domeniul Tehnologiei Informaţiei (TI)

* tehnologii de conducere utilizând tehnici de inteligenţă artificială;
* tehnologii şi echipamente de achiziţie date din proces;
* tehnologii de automatizare a distribuţiei energiei electrice;
* tehnologii informatice de management.

Proiectare şi realizare de Sisteme Informatice (MIS, EMS - SCADA şi DMS - SCADA) şi de Telecomunicaţii (Tc)

* sisteme informatice de management;
* sisteme EMS - SCADA pentru centrale electrice;
* sisteme EMS / DMS - SCADA pentru staţii şi reţele electrice;
* simulatoare şi sisteme de instruire a personalului de exploatare din centrale şi staţii electrice;
* reţele de radiocomunicaţii.

Soluţii hardware, software şi servicii pentru TI

* proiectare de aplicaţii SCADA utilizând echipamente standard ISO OSI;
* proiectări echipamente hardware specializate;
* software pentru optimizarea proceselor energetice;
* măsurători de propagare pe LEA.

Sisteme de gestiune cu Baze / Bănci de Date şi GIS

* sisteme manageriale integrate (resurse umane, financiar-contabile, patrimoniu, arhivare electronică, producţie, aprovizionare - desfacere);
* bănci de date tehnice / statistice / tehnologice;
* sisteme informaţionale geografice GIS;
* sisteme de informare operativă.

Asistenţă tehnică, testări, consultanţă PIF şi servicii TI şi Tc

* Conectare la nodul INTERNET:
  * gama completă de servicii INTERNET: e-mail, telnet, ftp;
  * asistenţă utilizatori: instruire personal, configurare resurse locale, instalare, testare;
  * proceduri de securizare date;
* Asistare utilizatori: consultanţă, audit, expertiză, testare produse informatice;
* Realizare de documentaţii preinvestiţionale / investiţionale:
  * studii de oportunitate / prefezabilitate / fazabilitate şi sisteme TI şi Tc;
  * caiete de sarcini.

Regia Autonomă de Electricitate Romania RENEL

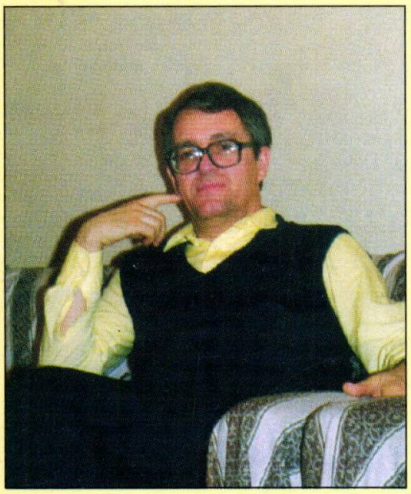
GSCI

Grupul de Studii, Cercetare si Inginerie

Bd. Energeticienilor 8, 79619 Bucuresti, Romania
tel. 401 321 6966, 401 323 6730, fax 401 321 1010
e-mail: srai@cci. vsat. ro, telex: 10783 icce r
Cont bancar: 30.11.8.01.01 BCR fil. sect. 3, Bucuresti

CdC - Centrul de Cercetare tel. 3220917 , tel/fax. 322.27.90.

Pentru economie , eficienţă, calitate superioare şi compatibilitate cu mediul ambiant în industria energiei: Noile noastre soluţii vă deschid calea !



" Trebuie să asigurăm un echilibru între a anticipa necesităţile clienţilor nostri şi a conduce piaţa de energie prin capacitatea proprie de cercetare, calitate şi performanţă.

In procesul de restructurare a regiei, centrul nostru dispune de o suficient de mare capacitate de cercetare-dezvoltare care vă ajută să investiţi, pe termen lung, in noi tehnologii"

dr.ing. Dan Zlatanovici
Director centru

GÉPÉSZAKI MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR ÉS KÖZPONT 1983

- Centrul de Cercetare este componenta RENEL specializată în cercetare .
- Obiectivul nostru îl constituie cooperarea pe termen lung cu clienţii noştri pe baza unor relaţii de parteneriat si asistenţă mutuală.
- Aceasta inseamnă pentru noi garantarea optimizării perioadei de recuperare a investiţiilor pe care le faceţi utilizind soluţiile noastre.
- Experienţa noastră în realizarea unor proiecte majore în industria energiei din ţară şi străinatate vă stă la dispoziţie.

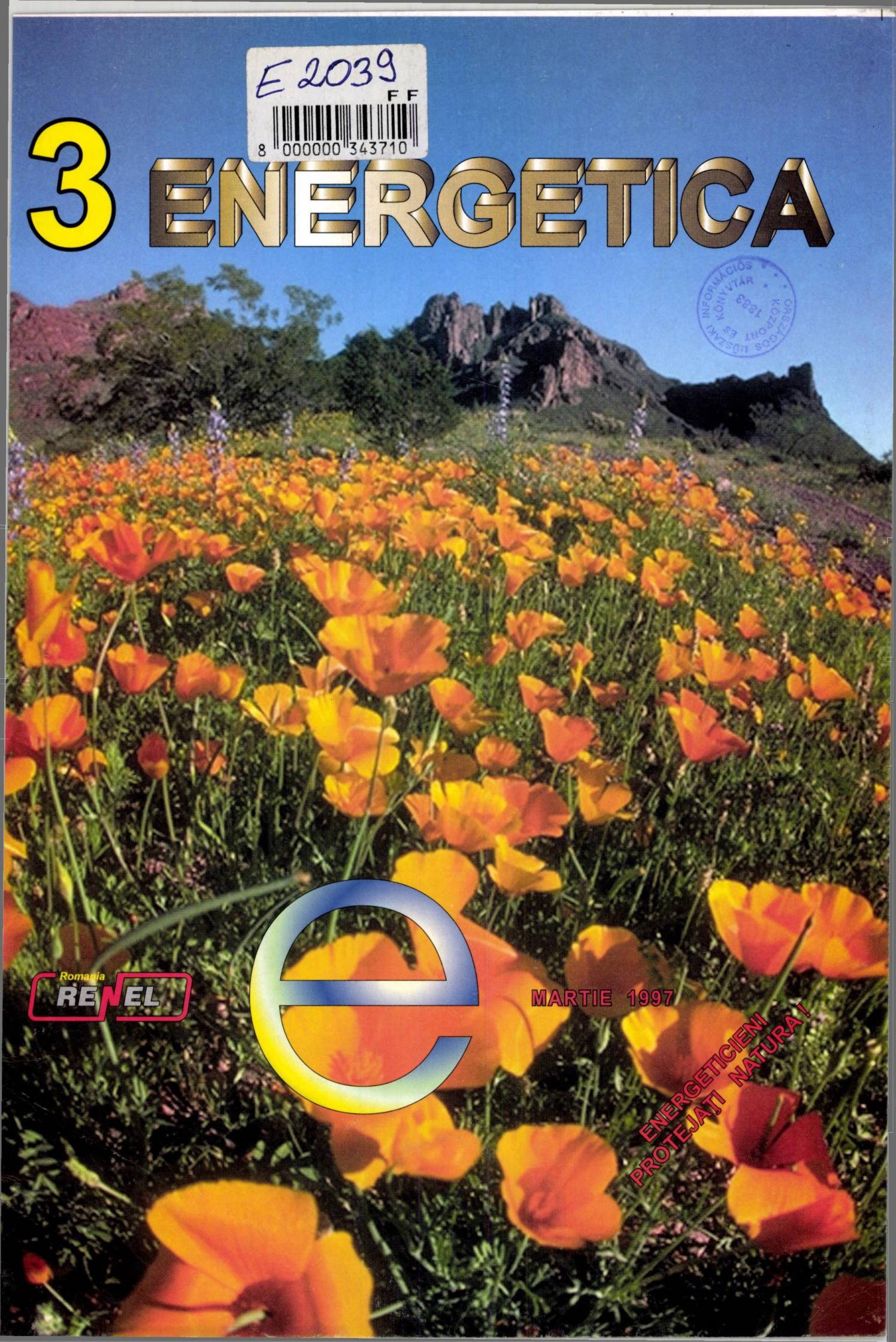
Research field & works

externally air-staged low-NOx burners
low Nox axial swirl burners
heat pipes air heaters
software programs for turbines operating analysis
computerized vibration monitoring system (for vibration diagnosis and on-line surveillance)
microwave technologies
waste waters monitoring in power plants
mitigation of ash ponds pollution- recovered areas reintegration
wind potential evaluations and wind turbine sites output analysis
PV generators
fuel cells
local district heating systems, management of demand, seasonal thermal storage
electroinsulating silicon materials, electroinsulating elastomeric adhesives
anticorrosive protecting systems
energy policies studies, legislation, standardisation

E 2039
FF
8 000000 343710

3 ENERGETICA

INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR 1553 ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖZPONT ÉS



Romania RENEL

e

MARTIE 1997

ENERGETICIENI PROTEJAȚI NATURA!

Competenţa noastră începe acolo unde combustibilul intră în centrala electrică

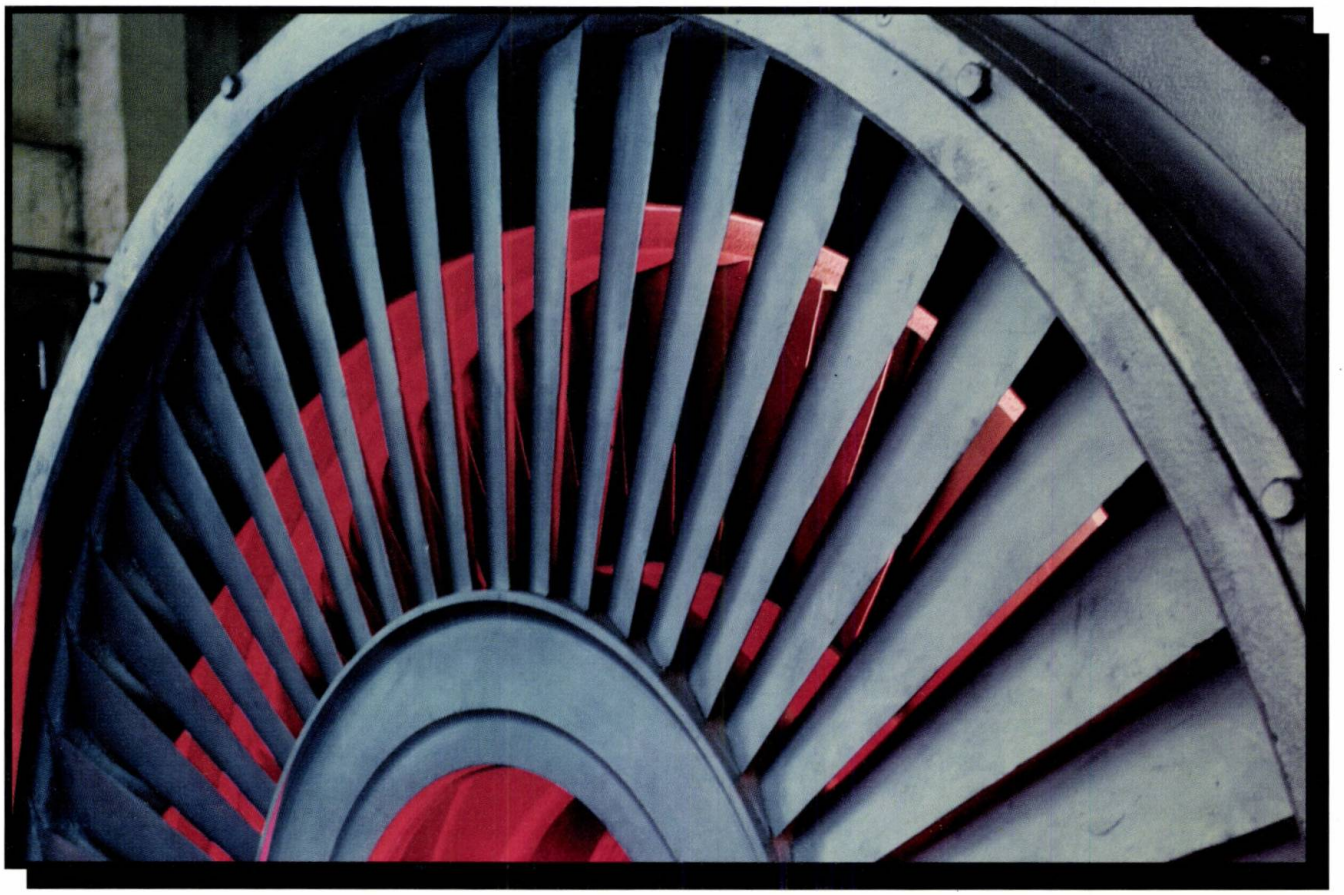


ABB Energoreparaţii România SRL
Bucureşti

ABB Power T&D SRL
Bucureşti

ABB Rometric SRL
Timişoara

ABB România SRL

16, Ion Câmpineanu Street
70100 Bucharest

ABB

ORSZÁGOS KÖZPONTI MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883 INFORMÁCIÓS

ENERGETICA e ®1996

REVISTA DE SPECIALITATE
A ENERGETICIENILOR
DIN ROMÂNIA

ISSN: 1220 - 5133

ANUL 45 | Nr. 3 | MARTIE 1997

Include şi Buletinul Informativ pentru Energetică

EDITOR: Regia Autonomă de Electricitate - **RENEL**
Grupul de Studii, Cercetare şi Inginerie - **GSCI**
Centrul de Informare şi Documentare Energetică - **CIDE**
B-dul Energeticienilor nr.8, sector 3, Bucureşti, cod 79.619
tel: 323.95.52
323.6730/235
fax: 323.95.52
e-mail: cide@cci. vsat. ro
telex: 10783 gsci r

COLEGIUL DE REDACŢIE
BIROUL: ing. Vasile RUGINĂ - redactor-şef; dr. ing. Jean CONSTANTINESCU - redactor-şef adjunct; prof. dr. ing. Dumitru Cezar IONESCU - redactor-şef adjunct; dr. ing. Eugeniu PAVEL; ing. Radu OPINCARU; ing. Ion CONECINI; ing. Vladimir CONSTANTINESCU; conf. dr. ing. Virgil MUŞATESCU ; ing. Dan GHEORGHIU; ing. Nicolae NICULESCU; dr. ing. Ioan GANEA
MEMBRI: prof. dr. ing. Florin ALEXE; ing. Ovidiu APOSTOL; prof. dr. ing. Victor ATHANASOVICI; prof. dr. ing. Adrian BADEA ; prof. dr. ing. Corneł BIANCHI; ing. Paul CARTIANU; ing. Mircea CÂRDU; ing.Radu CONSTANTIN; prof. dr. ing. Dorin CRISTESCU; prof. dr. ing. Nicolae DĂNILĂ; dr. ing. Laurenţiu GOIA; prof dr. ing. Nicolae GOLOVANOV ; prof. dr. ing. Dumitru IVAS; prof. dr. ing Aureliu LECA; dr. ing. Gheorghe LUCA; dr. ing. Magdalena MATEI; ing. Corneł MOŢIU; prof. dr. ing. Constantin NEAGA; prof. dr. ing. Mircea NEMEŞ; prof. dr. ing. Valeriu NISTREANU; ing. Corneł PĂSLARU; prof. dr. ing. Alexandru POEATĂ; dr. ing. Marius POMÂRLEANU; prof. dr. ing. Florin POP; dr. ing. Teodor POPA; dr. ing. Anca POPESCU; ing. Miron POPESCU; conf. dr. ing. Petre POSTOLACHE; dr. ing. Dan Ion PREDOIU; ing. Radu REGMAN; ing. Gabriel ROMAŞCU; ing. Anton ROŞU ; ing. Margarios SALGIAN; ing. Alexandru SĂNDULESCU; ing. Emilian SIMIAN; ing. Cristian TOTOLO; ing. Anton VLĂDESCU;
REDACTOR: Ana Maria CHIVU (tel. 321 69 66/149)

INFORMAŢII, ABONAMENTE, PUBLICITATE
Maria Tomescu (tel. 323 67 30/143)
Silvia Romanescu (tel: 323 67 30/143)
DIFUZARE: *Adela Popescu* (tel: 323 67 30/188)
Abonamentele se pot face prin dispoziţie de plată sau mandat poştal trimis pe adresa editorului. Se pot face abonamente şi cu plata direct la sediul editorului. Cititorii din străinătate se pot abona prin achitarea c/v abonamentului (120 $) în contul editorului .
CONT BANCAR: 30.11.8.01.01. BCR Filiala sector 3, Bucureşti (lei)
472171611010 (valută)
TIPAR:CIDE - Serviciul Tipografie.

©Toate drepturile asupra acestei publicaţii sunt rezervate editorului. Orice reproducere, integrală sau parţială, prin indiferent ce mijloace, a materialelor apărute în paginile publicaţiei se poate face numai cu aprobarea editorului. Sunt autorizate numai citările incluse în lucrări ştiinţifice sau în alte volume, cu precizarea sursei. Opiniile exprimate în articolele publicate în revistă aparţin autorilor şi nu reflectă în mod obligatoriu punctul de vedere al editorului. Orice persoană juridică sau fizică a cărei acţiune este în concordanţă sau în contradicţie cu opiniile exprimate în materialele publicate îşi asumă riscurile urmărilor, editorul şi autorii neavând nici o răspundere.

CUPRINS

VASILE RUGINĂ: Servicii de transport într-un sistem electroenergetic restructurat 99

EUGEN STAN, IRINA DICIEANU: Utilizarea certificării de conformitate a echipamentelor specifice domeniului energetic 102

GEORGETA STĂNCIULESCU, ANA SCHEUŞAN, BOGDAN ACHIM, ION IFRIM: Bariere în creşterea eficienţei energetice şi soluţii posibile de eliminare 105

GHEORGHE IORDACHE: Analiza tensiunilor tehnice locale la schimbătoarele de căldură în perioada de pornire 112

MIHAI IVAN, CRISTINEL SUBAŞU, TIBERIU ALUAŞ, DAN GĂVĂNESCU: Monitorizarea energiei electrice distribuite în reţeaua de joasă tensiune - Pilot Buftea 118

SORIN PĂTRĂŞCOIU: Abordări noi în calculul regimurilor tranzitorii şi dinamice 123

CAMELIA BURLACU, MIHAELA GUŞĂ: Soluţii de iluminat public eficient în Deva, România 130

DAN MOROLDO: Corecţia valorii componentei directe a iluminării la nivelul planului de referinţă - o necesitate a sistemelor de iluminat interior flexibile 133

CONSTANTIN DUMITRU, PAUL DUCA, DAN PREDESCU, RADU CORNEA: Alegerea umpluturii turnurilor de răcire - problemă cu importante implicaţii tehnico-economice 138

DIN ENERGETICA MONDIALA

A. GUŢU: Conversia centralelor termice industriale existente în centralele electrice cu termoficare 104, 111

Our review publishes ADVERTISMENTS for your PRODUCTS, TECHNOLOGIES, SERVICES, etc.

Please, contact us at the address:
Revista ENERGETICA
GSCI, B-dul Energeticienilor nr.8,
Bucureşti III, RO 79619
Phone : (401)321 69 66/149
Fax: (401)323 95 52
Telex: 10783 gsci r

*Redacţia revistei **ENERGETICA** anunţă cititorii şi colaboratorii că îşi pot reînnoi abonamentul anual. Începând cu anul 1997, revista Energetica nu mai apare în două serii. Preţul unui abonament (12 numere/an), incluzând şi **Buletimul Informativ pentru Energetică,** este de 132 000 lei. Pentru pensionari şi studenţi preţul abonamentului este de 20 000 lei. C/V abonamentului se va achita în contul GSCI - CIDE nr. 30 11 8 01 01 - BCR, filiala sector 3, Bucureşti. La redacţie se va trimite o scrisoare în care se va menţiona numărul dispoziţiei de plată sau al mandatului poştal cu care a fost achitat abonamentul, precum şi adresa exactă la care se doreşte primirea revistelor.*

Editat cu sprijinul Ministerului Cercetării şi Tehnologiei - Colegiul Consultativ pentru Cercetare Ştiinţifică şi Dezvoltare Tehnologică

SERVICII DE TRANSPORT ÎNTR-UN SISTEM ELECTROENERGETIC RESTRUCTURAT

ing. VASILE RUGINĂ
GSCI - Centrul de Cercetare

Introducere

Luând în considerare în mod distinct funcţiile de producere, de transport şi de distribuţie a energiei electrice ale unui sistem electroenergetic, este acceptată în cadrul CIGRE urmatoarea definiţie a funcţiei de transport:

"Funcţia de transport este funcţia de transport a energiei electrice de la surse (producători şi interconectări cu alte sisteme) la staţiile de transformare de la care începe funcţia de distribuţie".

Această definiţie mută de fapt problema de la definirea funcţiei de transport la definirea sistemului de transport. Pentru a aduce o clarificare suplimentară ea a fost completată cu o detaliere a funcţiilor de transport. Acest sistem trebuie:

- să servească drept transportor al energiei electrice de la surse la marii consumatori sau la companiile de distribuţie;
- să asigure interconectarea dintre unităţile consumatoare pentru a profita de diversitatea surselor, de diversitatea perioadelor hidrologice, de diversitatea sarcinilor la vârf etc.;
- să faciliteze utilizarea unităţilor disponibile la care producţia electricităţii se face la costurile cele mai scăzute;
- să minimizeze costurile cu combustibilul la nivelul întregului sistem;
- să facă posibil comerţul cu energie electrică pe piaţă.

Este dificil de determinat exact unde începe şi unde se sfârşeşte funcţia de transport (respectiv, sistemul de transport). De exemplu, în unele sisteme electroenergetice se consideră că nivelul staţiilor de transformare este inclus în sistemul de transport, în timp ce , în altele, el este considerat ca parte din distribuţie. Din punctul de vedere al producerii, în unele sisteme se consideră că liniile prin care este conectat la sistem un singur producător sunt parte din instalaţiile acestuia şi nu sunt incluse în sistemul de transport. În alte părţi, se consideră că aceste linii trebuie incluse în reţeaua principală de transport. Se acceptă astfel că definiţia anterioară trebuie completată cu politica specifică a fiecărui sistem şi aplicată în funcţie de acesta.

1. Tipuri de servicii de transport al energiei electrice

În unele sisteme energetice moderne, cu competiţie la producere, entităţile de transport pot lua una din următoarele forme:

a) agent comercial (business agent): în acest caz ele cumpără putere şi energie de la producatori şi o vând consumatorilor;

b) transportor prestator de servicii (common carrier): în acest caz producătorii şi consumatorii îşi stabilesc propriile lor contracte şi înţelegeri, iar entităţile de transport asigură doar transportul între cei doi parteneri direcţi şi trebuie să-şi adapteze reţelele pentru a urmări aceste contracte.

În actuala etapă de restructurare a RENEL se preconizează individualizarea serviciului de transport în cadrul unei entităţi organizatorice din RENEL (un grup de transport) care să funcţioneze ca agent comercial. El ar trebui să fie unicul cumpărător (single buyer) al energiei produse de centralele electrice în competiţie, dintre care unele în interiorul, iar altele în exteriorul RENEL, şi să vândă această energie filialelor de distribuţie sau marilor consumatori alimentaţi direct din reţeaua de transport. Se apreciază că această organizare corespunde atât stadiului actual atins de reforma economică în ţara noastră şi în sectorul energiei în particular, cât şi nivelului tehnic al instalaţiilor. Pe de altă parte, trebuie avut în vedere că tendinţele mondiale sunt în sensul extinderii formei de transportor prestator de servicii.

Producătorii şi consumatorii solicită diferite tipuri de servicii de transport în funcţie de necesităţile lor. Atributele diferite ale serviciilor de transport solicitate vor implica costuri diferite pentru aceste servicii. Costurile sunt puternic legate de impactul pe care fiecare servicu în parte îl are asupra sistemului de transport în ansamblu. Din acest motiv este important de prezentat principalele tipuri uzuale de servicii de transport.

În funcţie de durata contractului se disting:

- contracte pe termen lung;
- contracte pe termen scurt.

După poziţia entităţii de transport în sine, se vorbeşte despre:

- transport normal;
- tranzacţiile pentru optimizare;
- asigurarea unei capacităţi de rezervă.

În funcţie de poziţia producătorului (producătorilor) există:

- transport fix;
- transport flexibil;
- servicii de reţea.

După cerinţele consumatorului (care poate fi un consumator industrial alimentat direct din reţeaua de transport sau un furnizor) pot fi:

- contracte de livrare fermă;
- contracte de livrare întreruptibilă.

În continuare vor fi prezentate unele detalii despre fiecare din aceste tipuri posibile de contracte de transport.

2. Contracte pe termen lung şi pe termen scurt

Contracte pe termen lung

Producătorii şi consumatorii încheie de regulă cu entităţile de transport contracte pe termen lung. Este dificil de stabilit care este numărul de ani pentru care trebuie

încheiat un contract pentru ca el să fie considerat "pe termen lung". Se consideră că termenul este cel puţin egal cu durata de realizare a unor noi capacităţi de transport necesare şi de amortizare a acestora. În literatură se apreciază că nu este adecvat să se fixeze o limită anume de timp pentru acest gen de tranzacţii, dar se apreciază că o durată de ordinul a 20 ani poate reprezenta un punct de referinţă.

Se consideră că acesta este tipul de contracte pe care trebuie să se bazeze activitatea unui transportor, indiferent de forma sa de organizare. Beneficiind de un portofoliu cât mai complet de contracte, entitatea de transport poate să realizeze studiile şi proiectele necesare pentru dezvoltarea sistemului de transport, să realizeze investiţiile necesare şi să aibă garanţia amortizării lor. Costurile, atât cele de exploatre, cât şi cele pentru investiţii, pot fi calculate şi alocate pe fiecare contract în parte cu suficientă exactitate, ceea ce permite practicarea unor tarife de transport fundamentate.

Contracte pe termen scurt

Se încheie între producători şi consumatori, pe de o parte, şi transportori, pe de altă parte, pe termene relativ scurte, insuficiente pentru realizarea unor noi facilităţi de transport; serviciul trebuie realizat exclusiv cu instalaţiile existente în momentul încheierii contractului. Nici în acest caz nu se consideră oportună impunerea unei limite de timp pentru încadrarea unui contract în categoria celor pe termen scurt. Realizarea acestui tip de serviciu este posibilă doar dacă există capacităţi de transport disponibile şi aceste disponibilităţi apar în două situaţii:

- atunci când apar diferenţe între valorile avute iniţial în vedere la dimensionarea sistemului şi situaţia reală într-o perioadă dată;
- în golul de sarcină.

Astfel de contracte sunt specifice entităţilor de transport organizate ca prestatori de servicii, dar pot fi întâlnite şi la cele care sunt agenţi comerciali.

Serviciile pe termen scurt sunt considerate ca un complement al celor pe termen lung. Costurile lor sunt afectate de faptul că de multe ori se funcţionează la limita superioară a capacităţii de transport a sistemului.

3. Transportul normal, tranzacţiile de optimizare şi asigurarea capacităţii de rezervă

Transportul normal reprezintă tipul direct, uzual, de serviciu de transport. Un consumator contractează o anumită cantitate de energie (putere) cu un producător (eventual, cu câţiva producători), precum şi transportul acesteia. El doreşte să primească electricitatea în condiţii normale de calitate (inclusiv din punctul de vedere al continuităţii în alimentare), indiferent de faptul că este gol sau vârf de sarcină. Aceste condiţii sunt de regulă înscrise explicit în contract. Cu cât criteriile privind siguranţa în alimentare sunt mai exigente, cu atât costurile de transport sunt mai mari.

Tranzacţiile de optimizare

Se ştie că principalul avantaj al interconectării sistemelor energetice constă în economiile care se realizează în urma tranzacţiilor de energie de la un sistem la altul. O companie producătoare va prefera în anumite perioade să cumpere energie electrică mai ieftină de la companiile vecine decât să o producă ea însăşi. O companie cu pondere ridicată a centralelor hidro creşte la maximum producţia acestora în situaţii de regim pluviometric ridicat şi va fi nevoită să scadă producţia lor în situaţii de secetă (crescând corespunzător producţia în termocentrale). Apar astfel modificări în funcţionarea centralelor faţă de regimurile considerate normale. Aceste modificări influenţează evident şi regimurile sistemului de transport. Sistemul trebuie planificat astfel încât să facă faţă şi acestor situaţii, respectiv unor astfel de tranzacţii care de multe ori sunt între doi producători.

O problemă importantă este alocarea costurilor acestui serviciu pentru beneficiarii săi (printre care este implicit şi consumatorul).

Capacitatea de rezervă

În sistemele energetice cu o structură energetică considerată modernă, consumatorii au libertatea de a negocia propriile lor contracte (pe termen scurt sau lung) cu orice companie producătoare. Apar situaţii în care aceşti consumatori au dificultăţi în estimarea sarcinii probabile pentru un orizont mai mare de timp. El doreşte să încheie un contract pe termen lung cu producătorul (condiţiile economice fiind evident mai avantajoase), dar va solicita valori ale puterii pe care este sigur că le va consuma. Pe de altă parte, consumatorul respectiv îşi pune problema că ar putea avea nevoie, în orizontul de timp respectiv, de o putere mai mare. În această situaţie el va încheia cu entitatea de transport un contract pe termen lung, corespunzător contractului similar cu producătorul, dar şi un contract de rezervare de capacitate pentru a fi sigur că va putea transporta în viitor cantitatea de electricitate de care ar putea avea, eventual, nevoie. Atunci când această necesitate apare în mod real, consumatorul va încheia un alt contract (eventual pe termen scurt) cu un producător (acelaşi sau altul) având însă asigurată posibilitatea transportului. Faptul că pe piaţa producerii (în principiu, concurenţială) disponibilul este mai mare decât pe piaţa transportului, poate determina o astfel de strategie a unui consumator (care are însă un anumit grad de risc, mai ales economic). Consumatorul poate contracta capacitatea de rezervă fie în mod permanent, fie doar pentru anumite perioade. Costul acestui tip de serviciu este practic egal cu costul transportului normal.

4. Transportul fix, transportul flexibil şi serviciul de reţea

Transportul fix

Acest tip de transport este caracteristic pentru entităţile de transport care funcţionează ca prestatori de servicii. În cadrul acestui tip de serviciu, un agent producător plasat într-un anumit punct al sistemului este interesat în livrarea de electricitate conform unui anumit grafic, către un consumator anumit. În ultima perioadă, pe plan mondial se înregistrează tendinţa de stimulare a

acestui tip de transport. Producătorul şi consumatorul nu participă la strategiile generale de funcţionare a sistemului. Această pereche tip producător-consumator doreşte doar să utilizeze facilităţile de transport contra unei taxe corecte. Ea nu este interesată în problemele globale ale sistemului în ansamblu.

Astfel de tranzacţii implică exigenţe importante şi se pot aplica doar într-un sistem energetic bine pus la punct. Este necesară existenţa unei rezerve turnante de valoare suficientă în sistem, iar serviciile auxiliare (reglaj putere-frecvenţă, generarea puterii reactive şi controlul tensiunii etc.) trebuie să aibă performanţe ridicate. În momentul în care sistemul de transport al SEN va îndeplini aceste exigenţe, el va putea funcţiona în regim de prestator de servicii şi realiza transporturi fixe.

Transportul flexibil

În cazul unei tranzacţii de acest tip consumatorul este individualizat şi are o poziţie fixă. El trebuie alimentat cu energie electrică la standardele normale de calitate. Producătorii pot varia însă, de la o perioadă la alta, funcţie de o strategie globală. De exemplu, o companie producătoare (care are contract cu consumatorul) cu mai multe centrale poate decide (prin dispecerul său) încărcarea uneia sau a alteia, respectiv injecţia în sistem de la un punct sau de la altul. Compania de transport acceptă astfel de modificări cu condiţia ca consumatorul să fie alimentat normal. Astfel de tranzacţii sunt asociate, de regulă, cu tranzacţiile de optimizare.

Servicii de reţea

Acest tip de serviciu se înregistrează în situaţia în care există mai multe intrări (de generare) în sistemul de transport şi mai multe ieşiri (de livrare). O astfel de situaţie poate apărea dacă o companie producătoare are mai multe centrale localizate în diferite puncte şi răspunde de producerea de electricitate pentru mai mulţi consumatori, plasaţi de asemenea în mai multe puncte.

Principial vorbind, şi în acest caz ar putea exista servicii fixe şi servicii flexibile. Serviciile fixe nu sunt însă uzuale.

Compania de producere este interesată în a realiza o anumită integrare cu sistemul de transport, astfel încât să fie posibilă realizarea unor optimizări prin distribuţia sarcinii pe centralele de care dispune. Înţelegerile între producător şi transportator sunt necesare şi acest tip de tranzacţie este denumit şi "servicii de reţea de transmitere integrată". În înţelegerile respective este tratată atât problema exploatării curente a instalaţiilor şi rolul dispecerului, cât şi procedurile pentru planificarea şi dezvoltarea sistemului în ansamblu. În fapt se consideră că un astfel de mod de organizare este destul de apropiat de modelul clasic al companiilor integrate vertical. Acest tip de servicii va fi foarte probabil prestat de către grupul de transport al energiei electrice din cadrul RENEL în viitorul imediat.

5. Furnizarea fermă şi furnizarea întreruptibilă

Furnizarea fermă

Realizarea acestui tip de tranzacţie depinde de cerinţele consumatorului şi poate fi asociat cu diferite tipuri de tranzacţii menţionate anterior. Astfel, o tranzacţie de furnizare fermă poate fi asociată cu un contract pe termen scurt sau pe termen lung, cu o livrare fermă sau flexibilă etc.

Conform denumirii, un contract de furnizare fermă prevede alimentarea continuă cu energie electrică a consumatorului respectiv. Trebuie însă precizat că sistemul de transport asigură continuitatea în alimentare în limitele dictate de nivelul de fiabilitate a elementelor sale componente şi de schema de alimentare existentă. Există sisteme în care sunt în vigoare standarde privind nivelul de siguranţă în alimentare şi sisteme în care nu există astfel de standarde. În toate cazurile entitatea de transport îşi ia anumite măsuri de precauţie privind întreruperea alimentării în cazuri de forţă majoră.

Costul serviciului de furnizare fermă este direct legat de nivelul de siguranţă a alimentării dorit de consumatori.

Furnizare întreruptibilă

Aşa cum s-a arătat în paragraful precedent, este foarte important să se definească "nivelul fermităţii" al alimentării cerute de un consumator pentru a determina costurile rezultate pentru serviciile de transport.

Dacă un consumator acceptă să fie întrerupt în anumite situaţii, serviciile de transport corespunzătoare pot avea costuri minime. În general, această problemă este stabilită în contractele dintre furnizor şi consumator, care prevăd unele limite maxime pentru întreruperi permise (de exemplu, un consumator poate accepta să fie întrerupt de maximum trei ori într-un an , cu o durată maximă de 30 minute). Dacă acest tip de serviciu nu presupune astfel de limite maxime, el este definit ca "As-Available" (ca disponibil).

Concluzii

RENEL se găseşte în plin proces de restructurare. Individualizarea transportului de energie electrică în cadrul unei entităţi organizatorice distincte constituie o etapă în curs de desfăşurare. În această etapă se are în vedere forma de agent comercial. Pe plan mondial a apărut şi se dezvoltă tendinţa ca entităţile de transport să funcţioneze în regim de prestatori de servicii. Este astfel probabil ca actuala etapă să fie doar una intermediară.

UTILIZAREA CERTIFICĂRII DE CONFORMITATE A ECHIPAMENTELOR SPECIFICE DOMENIULUI ENERGETIC *

ing. EUGEN STAN, ing. IRINA DICIEANU**

Lucrarea îşi propune să fundamenteze necesitatea aplicării standardelor internaţionale din seria EN 45000 în vederea certificării de conformitate a echipamentelor specifice domeniului energetic.

În cadrul lucării se va prezenta pe scurt: modul actual de calificare a echipamentelor (începând cu fazele de concepţie şi până la livrare), etapele necesar a fi parcurse pentru realizarea certificării de conformitate şi avantajele pentru utilizatori şi producători.

The article aims at undelining the necessity of applying the international standards series EN 45000 to certify the specific power equipment conformity.

In the article a brief presentation of the actual way of classifying the equipment (from the design stage to the delivery one), the necessary stages in the conformity certification achievement and its advantages to the users and manufactures is made.

Descriptori: certificare de conformitate, echipamente energetice

Generalităţi

Asocierea la Uniunea Europeană, precum şi interesul generat de interconectarea SEN la UCPTE, impun alinierea României la reglementările standardelor europene şi/sau internaţionale.

Pentru funcţionarea în siguranţă a instalaţiilor energetice, calitatea echipamentelor utilizate este determinantă şi în acest context este prioritară realizarea practică de către RENEL a politicii în domeniul calităţii, ale cărei principale obiective sunt:

a) admiterea în SEN a echipamentelor şi materialelor esenţiale pentru funcţionarea în siguranţă numai după testarea corespunzătoare privind performanţele, fiabilitatea şi mentenabilitatea;

b) admiterea ca furnizor de materiale şi echipamente, respectiv prestator de servicii către RENEL, numai a agenţilor economici care au implementat un sistem al calităţii acceptabil.

În contextul creat de apariţia standardelor europene din seria EN 45000 şi EN 29000 aceste două obiective pot fi atinse numai prin trecerea de la sistemele actuale de urmărire şi calificare a furnizorilor şi echipamentelor la aplicarea certificărilor de conformitate.

În prezent, primul obiectiv se realizează prin sistemul bilateral de omologări RENEL - furnizori (analiza documentelor de omologare, participarea reprezentanţilor RENEL la şedinţele de omologare, testarea echipamentelor în laboratoarele RENEL etc.), precum şi supravegherea pe flux a fabricaţiei anumitor categorii de echipamente.

Cel de-al doilea obiectiv a început să se materializeze prin aplicarea procedurii operaţionale RENEL PO - 008 "Atestarea furnizorilor de bunuri şi servicii pentru RENEL".

Sistemul de lucru practicat în prezent pentru selecţia şi calificarea echipamentelor este greoi şi nealiniat la standardele europene. Prin eliminarea acestor deficienţe este necesar, ca la nivel de RENEL, să fie definit şi un mod unitar de evaluare şi calificare a performanţelor echipamentelor energetice bazate pe utilizarea reglementărilor europene aplicabile pentru certificarea de conformitate.

1. Certificarea conformităţii

Instrumentele care ar trebui utilizate de RENEL pentru realizarea obiectivelor menţionate anterior sunt certificatul de conformitate, marca de conformitate şi certificatul de implementare a sistemului calităţii. În acest sens, standardele europene aplicabile sunt: SR EN 45011, SR EN 45012 şi SR EN 45014. Menţionăm următoarele definiţii din aceste standarde:

- **certificarea conformităţii:** acţiunea de evaluare care dovedeşte existenţa încrederii că un produs, proces, sau serviciu corespunzător

* Articol prezentat la masa rotundă "Siguranţa în funcţionare a instalaţiilor energetice", Bucureşti, 19 aprilie 1996.

** TQA Services SA, Bucureşti.

identificat este în conformitate cu un anumit standard sau cu un alt document normativ;

- **sistem de certificare:** sistem care are propriile sale reguli de procedură şi conducere pentru efectuarea certificării conformităţii;
- **certificat de conformitate:** document emis pe baza regulilor unui sistem de certificare ce indică existenţa încrederii că un produs, proces sau serviciu corespunzător identificat este în conformitate cu un anumit standard sau cu un alt document normativ;
- **marca de conformitate:** marca protejată aplicată sau emisă pe baza regulilor unui sistem de certificare în acelaşi mod ca şi certificatul de conformitate.

Modul de aplicare a prevederilor standardelor enumerate anterior este prezentat în schema din figura 1.

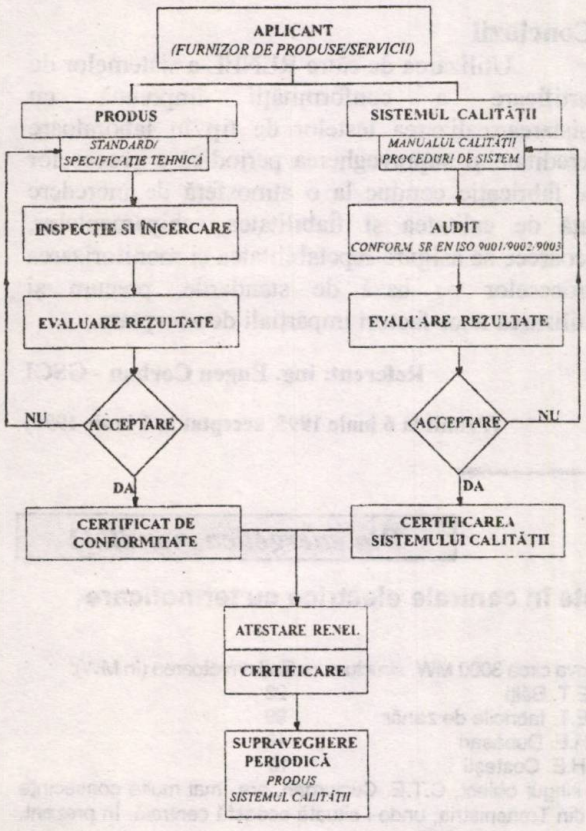


Fig.1.

2. Certificarea de conformitate a produselor

2.1. Comparativ cu practica actuală de omologare şi procurare a echipamentelor energetice, sistemul de certificare a conformităţii este aplicat de organisme specializate de certificare cu o structură bazată pe imparţialitate.

Certificarea de conformitate a produselor implică efectuarea de teste şi încercări în conformitate cu standardele europene EN 45001 şi EN 45002, certificarea sistemului calităţii furnizorului (fabricantului) conform standardului EN 45012 şi elaborarea certificatului de conformitate reglementată de standardul EN 45014.

Sistemul naţional de certificare (fig. 2) este definit în conformitate cu standardele citate şi are stabilite în prezent componentele specifice pentru acreditarea laboratoarelor de încercări şi certificarea de conformitate a sistemelor calităţii. Nici unul din organismele acreditate de IRS nu certifică produse.

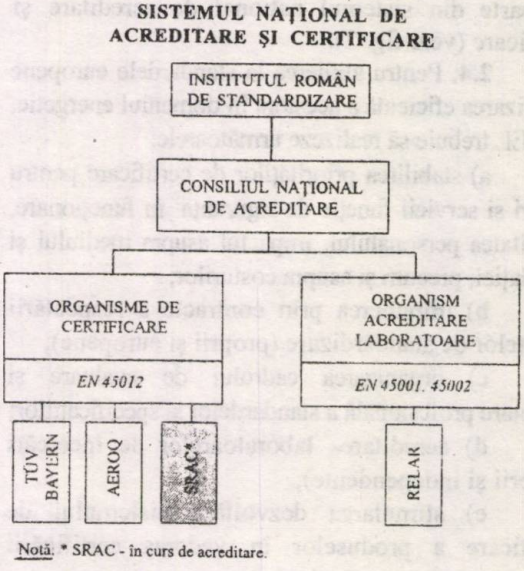


Fig.2.

2.2. Avantajele pentru RENEL obţinute prin aplicarea sistemului de certificare a conformităţii echipamentelor sunt:

a) reducerea costurilor datorate evaluărilor multiple, atât pentru beneficiari, cât şi pentru furnizori;

b) reducerea costurilor de supraveghere;

c) stimularea standardizării, având în vedere că certificarea se bazează pe existenţa standardelor de produs ce definesc condiţiile de fiabilitate şi mentenabilitate ale acestuia;

d) armonizarea standardelor de produs proprii (naţionale) cu standardele internaţionale;

e) creşterea încrederii în produsul certificat privind conformitatea acestuia cu cerinţele standardelor/specificaţiilor aplicabile.

2.3. Certificarea de conformitate a echipamentelor impune şi definirea sistemului de certificare aplicabil sistemelor calităţii pentru furnizorii acestora.

Certificarea sistemului calităţii înlocuieşte practica actuală de atestare şi are ca efect:

a) reducerea costurilor datorate auditurilor şi evaluărilor multiple;

b) creşterea eficienţei evaluărilor prin utilizarea profesionalismului unor organisme specializate;

c) reducerea interfeţelor birocratice dintre RENEL şi furnizori;

d) scăderea cheltuielilor de evaluare şi selecţie, certificarea fiind activitate autofinanţată.

În acest sens pot fi utilizate resursele existente prin recunoaşterea certificatelor de conformitate, sisteme elaborate de organisme ce fac parte din sistemul naţional de acreditare şi certificare (vezi fig. 2).

2.4. Pentru alinierea la standardele europene şi utilizarea eficientă a acestora în domeniul energetic, RENEL trebuie să realizeze următoarele:

a) stabilirea priorităţilor de certificare pentru bunuri şi servicii funcţie de siguranţa în funcţionare, securitatea personalului, impactul asupra mediului şi populaţiei, precum şi asupra costurilor;

b) impunerea prin contracte a respectării cerinţelor de standardizare (proprii şi europene);

c) organizarea cadrului de evaluare şi acceptare profesională a standardelor şi specificaţiilor;

d) acreditarea laboratoarelor de încercări (proprii şi independente);

e) stimularea dezvoltării sistemului de certificare a produselor în vederea certificării echipamentelor energetice;

f) impunerea, prin cereri de ofertă şi contracte, a cerinţelor de certificare a sistemului calităţii.

3. Resurse şi costuri

3.1 Pentru evaluarea şi acceptarea standardelor şi specificaţiilor de produs, RENEL poate valorifica experienţa dobândită până acum în domenii ca proiectare, inginerie tehnologică, exploatare şi reparaţii, rezultând astfel costuri scăzute şi profesionalism.

3.2 Trebuie realizat accesul direct la reglementările şi standardele europene şi naţionale care conţin cerinţe de interes pentru RENEL şi furnizorii săi.

3.3 Costurile aferente certificării de conformitate pot fi acoperite în mare parte prin simplificarea activităţilor de evaluare şi selectare a furnizorilor şi ca urmare a modului de funcţionare a organismelor implicate în certificare.

Concluzii

Utilizarea de către RENEL a sistemelor de certificare a conformităţii împreună cu asistarea/realizarea testelor de tip în laboratoare acreditate şi supravegherea periodică a proceselor de fabricaţie conduc la o atmosferă de încredere faţă de calitatea şi fiabilitatea echipamentelor, deoarece se asigură repetabilitatea şi monitorizarea proceselor pe bază de standarde, precum şi utilizarea unor factori imparţiali de acceptare.

Referent: ing. Eugen Corban - GSCI

(Primit la 6 iunie 1995, acceptat la 6 iunie 1996)

Din energetica mondială

Conversia centralelor termice industriale existente în centrale electrice cu termoficare

1. Problemele actuale ale energeticii Republicii Moldova

În prezent, puterile electrice instalate constituie în Republica Moldova circa 3000 MW, structura lor fiind următoarea (în MW):

C.T.E. Cuciurgan	2520	C.E.T. Bălţi	28
C.E.T. - 1 Chişinău	45	C.E.T. fabricile de zahăr	99
C.E.T. 2 Chişinău	240	C.H.E. Dubăsari	48
		C.H.E. Costeşti	16

Faptul că 84 % din puterile instalate sunt reprezentate de un singur obiect, C.T.E. Cuciurgan, are mai multe consecinţe negative, din care unele s-au manifestat în legătură cu evenimentele din Transnistria, unde-i situată această centrală. În prezent, respectiva centrală funcţionează la jumătate din capacitate.

În stare deplorabilă se află şi utilajul altor centrale, ceea ce a adus la reducerea considerabilă a randamentului lor. Acest fapt, precum şi preţul mare al combustibilului în raport cu veniturile întreprinderilor-consumatori, au dus la dereglări mari în complexul energetic, soldate cu deconectări frecvente ale consumatorilor, inclusiv a celor care achită la timp plata pentru energie (aşa-numita deconectare în evantai).

Starea relatată impune necesitatea de a introduce noi puteri generatoare, independente de sistemul monopolist, ieftine şi cu o eficienţă cât mai mare.

prof.A. Guţu - Chişinău , Republica Moldova

➪ (continuare în p.111)

BARIERE ÎN CREŞTEREA EFICIENŢEI ENERGETICE ŞI SOLUŢII POSIBILE DE ELIMINARE*

mat. GEORGETA STĂNCIULESCU, mat. ANCA SCHEUSAN, ing. BOGDAN ACHIM, ing. ION IFRIM**

Barierele în eficienţa energetică reprezintă o multitudine de obstacole care împiedică realizarea unei eficienţe energetice şi înţelegerea posibilităţilor pe care le presupune realizarea ei. În articol se prezintă o listă a barierelor în eficienţa energetică pentru ţările cu economie în tranziţie, aşa cum au fost identificate de OECD - Departamentul de Mediu împreună cu Grupul de Experţi de pe lângă Comisia Cadru de Schimbări Climatice în cadrul aşa-numitelor acţiuni comune destinate reducerii gazelor cu efect de seră, precum şi nivelul de dificultate a acestora pentru patru ţări reprezentative cu economiile în tranziţie: Republica Cehă, Polonia, Rusia şi Bulgaria.

Se insistă mai mult asupra aspectelor economico - financiare şi mai puţin asupra celor tehnice.

Ţinând seama de o serie de indicatori economico - sociali comparativi şi de condiţiile specifice existente, autorii fac o evaluare a nivelului de dificultate şi pentru cazul României.

The barriers related to the energy efficiency refer to a lot of obstacles that hinder the energy efficiency achievement. It is also very important that the possibilites implied in the energy efficiency accomplishment be understood. The paper includes a list of the barriers to the energy efficiency of those countries whose economy is in the transition period such as they were identified by OECD - the Environment Protection Department together with the Group of Experts within the Climate Changes Committee as part of the joint actions intended to reduce the greenhouse gases. There are also presented the difficulties relating to these actions developed in four representative countries whose economy is in the transition period, namely the Czech Republic, Poland, Russia and Bulgaria.

The paper focuses more on the economic - financial aspects and less on the technical ones.

Taking into account a series of comparative economic - social indicators, as well as the current specific conditions, the authors can estimate the difficulties encountered in the case of Romania.

Descriptori: sisteme energetice, eficienţă

Există o serie de obstacole care împiedică atât realizarea eficienţei energetice, cât şi înţelegerea posibilităţilor şi avantajelor pe care le presupune. Aceste obstacole sunt cunoscute în domeniu ca "bariere în eficienţa energetică".

În favoarea depăşirii lor pledează multe raţiuni care, în timp, au avut criterii de ierarhizare diferite. Raţiunea acestui sfârşit de mileniu este una legată de mediul înconjurator. În sprijinul ei vin o serie de organe şi organisme naţionale şi internaţionale, special create şi cu responsabilităţi în acest sens. Identificarea barierelor în eficienţa energetică, mai puţin cele cu conţinut tehnologic şi mai mult cele cu conţinut economic, este un punct de plecare de unde decurg toate acţiunile ce se pot întreprinde ulterior pentru depăşirea lor.

* * *

Indicatorul care dă o primă informaţie asupra existenţei unui potenţial energetic care poate fi economisit, dar şi asupra eficienţei energetice, în principal, îl constituie intensitatea energetică, exprimată în MJ pe unitatea de output economic ($ SUA PIB). În figura 1 se prezintă, spre comparaţie, valoarea intensităţii energetice din ţările OECD şi ţările cu economii în tranziţie din Europa de Est (EIT) şi cele din Comunitatea Statelor Independente (CSI). Datele sunt pentru anul 1992, iar informaţia pe care o furnizează are mai mult sens comparativ şi mai puţin valoric, deşi evoluţiile din ultimii ani nu au produs modificări esenţiale. Se observă că faţă de ţările OECD valorile înregistrate de celelalte ţări sunt de la două până la de 7 ori mai mari.

Diferenţele sunt cu atât mai evidente cu cât se observă (fig. 2) că pe cap de locuitor consumurile sunt comparabile şi chiar mai mari în unele cazuri.

Deşi aceste diferenţe mari, pe care cifrele le redau, există şi reflectă situaţii de fapt, în parte ele pot fi explicate prin:

* Lucrare prezentată la masa rotundă "Creşterea eficienţei de utilizare a energiei electrice şi termice. Tehnologii electrice de utilizare a energiei" Bucureşti, 10 decembrie 1996.

** GSCI - Centrul de Informatică şi Telecomunicaţii

- ponderea mare pe care o reprezintă ramurile industriale (mari consumatoare de energie) în totalul ramurilor economiei,

-încărcarea sub limite a capacităţilor de producţie, lucru ce a dus la creşterea consumurilor specifice ,

- lipsa unei amendări a unităţii de măsură a PIB, respectiv $ SUA, cu valoarea reală înregistrată în fiecare ţară.

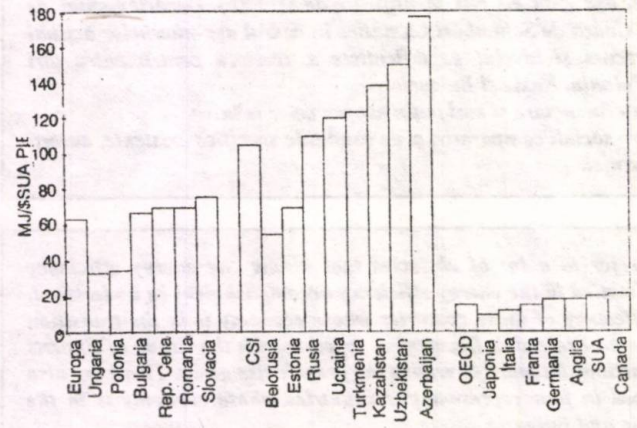


Fig.1. Intensitatea energetică în 1992. Sursa: EBRD Transition Report 1995.

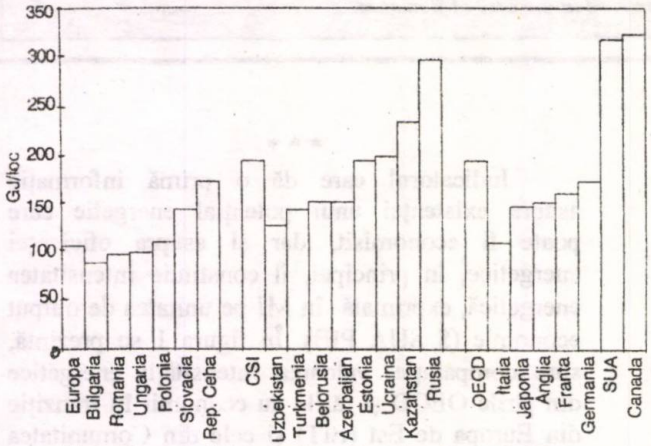


Fig.2. Consumul de energie pe locuitor. Sursa EBRD Transition Report 1995.

Până la a le putea amenda, cifrele există şi reprezintă criterii de apreciere.

Problema creşterii eficienţei energetice a început să se impună în anii '70, odată cu escaladarea preţului la ţiţei şi când potenţialul ce putea fi economisit avea o valoare economică deosebit de mare. Iată, deci, că la acea perioadă criteriul economic a primat. Au fost făcute investiţii importante în domeniile cele mai profitabile. În anii '70 se realizează pentru prima dată desprinderea creşterii economice de creşterea energetică, înregistrându-se chiar creşteri economice odată cu scăderi ale consumului de energie.

Nu acelaşi lucru s-a înregistrat în ţările cu economie centralizată, unde statul a avut rolul de amortizor, preluând şocurile petroliere, fără ca acestea să fie transmise în jos la nivelul ramurilor economice, continuându-se chiar realizarea de creşteri economice în acelaşi ritm cu cel al creşterilor energetice. Desprinderile apar mult mai târziu şi mult atenuate.

În anii '80 când scade preţul ţiţeiului, investiţiile în domeniul eficienţei energetice nu mai prezintă interes.

Sfârşitul acestui mileniu se confruntă, însă, cu probleme noi, legate de mediul înconjurător, ca o consecinţă a dezechilibrelor ce se produc ca urmare a activităţilor umane, în general, şi a celor ce presupun consumuri energetice în special. Volumul şi structura emisiilor poluante cu consecinţe negative asupra omului şi mediului înconjurător sunt în relaţie directă cu nivelul şi structura purtătorilor de energie finală.

Instituţiile şi institutele implicate în domeniul energiei, atât la nivel naţional, cât şi la nivel internaţional îşi adaugă în portofoliul de activităţi una nouă, legată de mediul înconjurător şi implicit de utilizarea eficienţă a energiei.

Sunt semnate o serie de acorduri internaţionale menite să împiedice degradarea mediului ambiant . În acest context se înscrie şi Convenţia Cadru a Schimbărilor Climatice din 1992 de la Rio de Janeiro, la care a aderat şi ţara noastră. Prevederile acestei convenţii, precum şi obligaţiile ce decurg din aderarea la ea constituie conţinutul legii 24/1994.

OECD - Departamentul de Mediu, IEA, împreună cu Grupul de Experţi de pe lângă Comisia Cadru de Schimbări Climatice au iniţiat şi dezvoltat o serie de studii având ca scop final diminuarea emisiei gazelor cu efect de seră. Unul dintre aceste studii a fost " Finanţarea eficienţei energetice în ţările cu economii în tranziţie", având ca obiectiv identificarea barierelor în eficienţa energetică, punându-se accent mai mult pe latura economico - financiară decât pe cea tehnologică, în principal pe DSM.

Dintr-o primă analiză a indicatorilor prezentaţi de ţările cu economii în tranziţie a rezultat că se pot obţine reduceri de până la 10% a consumului de energie cu investiţii reduse şi chiar nule şi reduceri de 20% până la 30% cu investiţii

cu termene de recuperare mai mici de 3 până la 5 ani. Unele din aceste investiţii duc la reduceri ale emisiilor de CO_2 cu costuri negative.

BERD estimează o piaţă de 52 mld. $ SUA din investiţii pentru eficienţa energetică în ţările cu economie în tranziţie la un nivel anual de 6 mld.$ şi termene de recuperare de 3 - 5 ani. Deşi aceste posibilităţi sunt deosebit de atractive, faptul că nu există investitori dă o imagine a gradului de dificultate a barierelor existente în eficienţa energetică.

Principalele bariere identificate cu această ocazie se grupează pe următoarele şase categorii:

1 - condiţii macroeconomice,
2 - lipsa de informaţie şi experienţă,
3 - lipsa derulării de credite,
4 - instituţii ineficiente, proprietate comună,
5 - proiecte de eficienţă de anvergură mică,
6 - preţuri la energie scăzute şi nesigure.

Evident, la nivelul fiecărei ţări acestea pot fi mai mult sau mai puţin resimţite. Multe dintre ele au fost identificate şi de specialiştii noştri şi chiar publicate şi făcute cunoscute cu diferite ocazii.

În continuare se detaliază aceste bariere, specificându-se consecinţele ce rezultă, precum şi soluţiile posibile de depăşire a lor. De asemenea, se apreciază nivelul acestor bariere pentru patru ţări care după decembrie 1989 au evoluţii similare, dar la niveluri mult diferite. Este vorba de Polonia şi Republica Cehă, care acum înregistrează evoluţii pozitive, şi Bulgaria şi Rusia, ce continuă să înregistreze evoluţii negative (tabelul 1).

Având o cuantificare pentru cele două categorii de ţări, din informaţiile avute şi evoluţia comparativă a unor indicatori specifici s-a încercat o evaluare a nivelului barierelor în eficienţa energetică şi pentru România.

Indicatorii comparativi analizaţi sunt cei prezentaţi în tabelul 2 şi se exprimă în procente de realizare faţă de anii precedenţi; datele pentru 1996 sunt propuneri.

Rezultatele obţinute prin comparaţie sunt prezentate în tabelul 3 şi grafic în figura 3.

Tabelul 1

Nr. crt.	Bariere	Consecinţe	Posibile soluţii	Prezenţa barierelor			
				Polonia	Cehia	Bulgaria	Rusia
0	1	2	3	4	5	6	7
1. *CLIMATUL MACROECONOMIC*							
1.1.	• Inflaţie mare	• Împiedicarea investiţiilor locale	• Îmbunătăţirea performanţelor economice	xx	x	xx	xxx
1.2.	• Incertitudinea politicilor şi strategiilor	• Limitarea ofertei de capital	• Garantarea proiectelor	xx	x	xx	xx
1.3.	• Numărul mare de datorii, neachitări, comerţ barter	• Rata ridicată a dobânzilor cu favorizarea investiţiilor cu perioade de recuperare scurte	• Împrumuturile pe termen lung de la BDM[1)] pentru băncile locale în vederea facilitării finanţării pe termen lung a proiectelor	xx	x	xx	xx
		• Descurajarea investiţiilor în domenii mai puţin importante	• Stabilirea de criterii pentru proiectele din cadrul activităţilor de implementare în comun (exemplu urmărire, verificare)				
			• Stabilirea de fonduri speciale pentru proiectele de eficienţă				
2. *LIPSA DE INFORMAŢIE ŞI EXPERIENŢĂ*							
2.1.	• Informaţii generale reduse despre eficienţa energetică	• Consumatori neinformaţi asupra valorilor de eficienţă energetică	• Programe de informare, campanii de atentionare , etichetare aparate	xx	xx	xx	xxx

Tabelul 1 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7
2.2.	• Lipsa de aparate de măsură	• Nivel scăzut al compensaţiilor în cazul adoptării thenologiilor şi opţiunilor de economisire	• Achizitionarea de aparate de măsură şi îmbunătăţirea facturilor la energie	xx	x	xx	xx
2.3.	• Lipsa unor protocoale standard de măsurători pentru cuantificarea economiilor de energie	• Nota de plată a energiei nu reflectă exact nivelul consumului	• Acceptarea de protocoale standard pentru măsurarea eficienţei economisirii	xx	x	xx	xx
2.4.	• Lipsa experienţei în afaceri şi managementul riscului	• Dificultăţi în evaluarea energiei economisite • Creşterea percepţiei de risc a investitorilor	• Instruirea personalului tehnic, managerii şi finanţiştii asupra utilizării eficiente a energiei, încurajarea cooperării internaţionale	xx	xx	xxx	xxx
2.5.	• Donări/dezvoltări de proiecte neadecvate	• Proiecte de eficienţă mai costisitoare sau întârziate • Proiecte negarantate	• Extinderea activităţii CPP privind proiectele/ donările adecvate	xx	x	xx	xxx
3. *LIPSA DERULĂRII UNOR CREDITE*							
3.1.	• Întreprinderile, municipalităţile şi alte institute care fac împrumuturi nu derulează credite importante	• Acces limitat la capital	• Finanţare prin închiriere; şi/sau hârtii de valoare municipale, contractare prin ESCO, proiecte implementate în comun	xx	x	xx	xx
3.2.	• Flux de numerar scăzut	• Tranzacţii cu costuri ridicate	• Extinderea băncilor locale prin finanţări de la BDM şi raţionalizarea sectorului bancar	xx	x	xx	
3.3.	• Lipsa de rezervă de capital	•Întreprinderi ce sunt candidate pentru investiţii energetice se pot închide	• Legarea proiectelor de investiţii energetice de alte proiecte de investiţii de modernizare prin asigurarea viabilităţii pe termen lung	xx	x	xx	xx
4. INSTITUŢII / PROPRIETARI							
4.1.	• Moştenirea istorică a politicilor de planificare centralizată	• Politici orientate mai mult pe sprijinirea acoperirii de energie decât spre organizarea de servicii energetice	• Definirea şi implementarea explicită a strategiilor de eficienţă energetică în strategiile naţionale • Crearea unor unităţi de structuri autorizate să favorizeze DSM	xx	xx	xxx	xxx
4.2.	• Monopolul statului în domeniul energiei	• Prioritate scăzută acordată eficienţei energetice	• Politici guvernamentale de facilitare a creării ESCO	xx	x	xxx	xxx
4.3.	• Împărţirea stimulentelor pentru chiriaşi şi proprietari/multiproprietari de clădiri	• Unităţi economice ineficiente ţinute în activitate	• Raţionalizarea şi clasificarea proprietăţii, îmbunătăţirea subvenţiilor	xx	xx	xx	xxx

Tabelul 1 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7
4.4.	• Cadru instuţional neadecvat/slab	• Lipsa de competitivitate şi stimulente pentru economisirea de energie • Lipsa de stimulente sau responsabilităţi pentru ridicarea eficienţei energetice a clădirilor	• Construirea de capacităţi numai după standardele stabilite de instituţiile specializate	xx	xx	xx	xxx
5. PROIECTE DE EFICIENŢĂ MICI							
5.1.	• Proiecte de eficienţă energetică de anvergură mică	• Lipsa de interes a Băncii de Dezvoltare Multilaterală	• Politici de împrumut, exemplu: împrumuturi către instituţiile locale care le împarte direct pe proiecte mai mici, utilizând mai mult fondurile revolving • Gruparea proiectelor mici împreună sau legarea lor cu proiectele de pe partea de aprovizionare cu resurse • Organizarea şi capitalizarea ESCO	xx	xx	xx	xxx
6. PREŢUL ENERGIEI							
6.1.	• Preţul scăzut la energie	• Nestabilirea eficienţei reale a investiţiei • Întârzierea aplicării proiectelor de eficienţă energetică	• Abordarea dezvoltării şi eşalonării creşterii preţului pentru a reflecta toate costurile; respectarea restricţiilor sociale şi politice, a ratei de actualizare	xx	x	xxx	xxx
6.2.	• Instabilitatea preţurilor	• Crearea de incertitudini asupra valorii viitoare a energiei economisite	• Transparenţa/explicitarea subsidiilor dezvoltări în direcţia abordării şi eşalonării eliminării subsidiilor	xx	x	xxx	xxx
6.3.	• Subsidii la energie	• Construirea de capacităţi nenecesare şi ineficiente	• Investiţii în proiecte de eficienţă energetică pentru a scădea subsidiile	xx	x	xxx	xxx
6.4.	• Externalităţi neinternalizate	• Costurile financiare ale proiectelor de mediu dau întreaga greutate în timp ce beneficiile s-au redus sau exclus	• Încorporarea de BDM a externalităţilor în evaluările financiare ale proiectelor • Taxe pe emisiile poluante sau comerţ cu emisii poluante	x	x	xxx	xxx

x - nivel scăzut; xx - nivel mediu;, xxx - nivel ridicat

[1] BDM - Banca de Dezvoltare Multilaterală

[2] CPP - Comitetul pentru Pregătirea Proiectelor

[3] ESCO - Companii de Servicii Energetice

Tabelul 2

Nr.	Ţara	România				Bulgaria				Cehia			
crt.	Indici/an	1993	1994	1995	1996	1993	1994	1995	1996	1993	1994	1995	1996
1	Creştere economică, în %	1	3.4	2	2.5	-4.2	1	1	1	-0.9	2.6	4	4.5
2	Producţie industrială, în %	1.3	3.3	2	2.5	-10	4	3	3	-5.3	2.3	4	5
3	Preţuri consum, în %	256	137	45	20	72.8	97.1	75	50	20.8	10	8	6
4	Balanţa bugetară, în % PIB	-1.8	-2.5	-2.5	-3.5	-11	-9	-7	-6.5	0.1	2	0	0
5	Rata şomajului, în %	10.2	10.9	12	12.5	16.4	18.5	20	20	3.5	3.2	4.5	4.5
6	Cont curent, în mld.$	-1.2	0.27	-0.2	-0.3	-1.1	0.15	0.05	0.15	0.43	0.3	-0.3	-0.8
7	Soldul balanţei com., în mld.$	-1.1	-0.3	-0.1	0.3	-0.9	0.15	0.3	0.5	-0.6	-0.9	-1.4	-2

Nr.	Ţara	Polonia				Rusia			
crt.	Indici/an	1993	1994	1995	1996	1993	1994	1995	1996
1	Creştere economică, în %	3.8	5	5	5	-12	-12	-7	-1
2	Producţie industrială, în %	6.2	11.9	12	9	-17	-24	-10	-4
3	Preţuri consum, în %	35.3	32.2	2.0	15.5	900	310	180	120
4	Balanţa bugetară, în % PIB	-3	-3	-3.5	-3.5	-11	-10	-7.7	-5
5	Rata şomajului, în %	15.7	16	12.5	12.5	5	10	12	12
6	Cont curent, în mld.$	-2.3	-0.9	-1	-1	6.2	7	5	2.5
7	Soldul balanţei com., în mld.$	-2.3	-0.8	-0.8	-1	10.8	16	12	9

Tabelul 3

	Bariere	România
1.1.	• Inflaţie mare	xx
1.2.	• Incertitudinea politicilor şi strategiilor	xx
1.3.	• Numărul mare de datorii, neachitări, comerţ barter	x
2.1.	• Informaţii generale reduse despre eficienţa energetică	xx
2.2.	• Lipsa de aparate de măsură	xxx
2.3.	• Lipsa unor protocoale standard de măsurători pentru cuantificarea economiilor de energie	xxx
2.4.	• Lipsa experienţei în afaceri şi managementul riscului	xxx
2.5.	• Donări/dezvoltări de proiecte neadecvate	xx
3.1.	• Întreprinderile, municipalităţile şi alte institute care fac împrumuturi nu derulează credite importante	xxx
3.2.	• Flux de numerar scăzut	x
3.3.	• Lipsa de rezervă de capital	xx
4.1.	• Moştenirea istorică a politicilor de planificare centralizată	xx
4.2.	• Monopolul statului în domeniul energiei	xx
4.3.	• Împărtirea stimulentelor pentru chiriaşi şi proprietari/multiproprietari de clădiri	xxx
4.4.	• Cadru instutional neadecvat/ slab	xx
5.	• Proiecte de eficienţă energetică de anvergură mică	xx
6..	• Preţul scăzut la energie	x
6.2.	• Instabilitatea preţurilor	xxx
6.3.	• Subsidii la energie	xx
6.4.	• Externalităţi neinternalizate	xxx

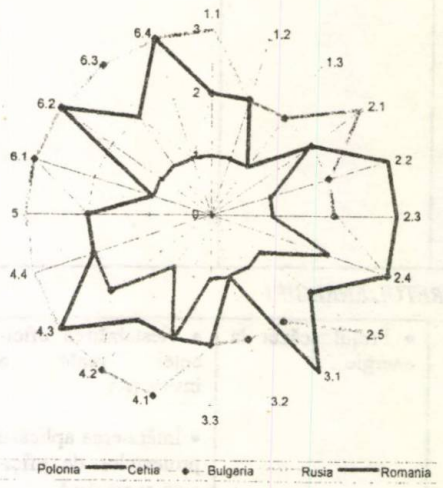


Fig.3. Gradul de dificultate a barierelor de eficienţă energetică.

Concluzii

Din analiza acestor rezultate reies următoarele concluzii:

- toate cele şase categorii de bariere sunt caracteristice şi ţării noastre;
- dificultăţile legate de climatul macroeconomic sunt comparabile cu cele ale Poloniei, chiar mai scăzute în ceea ce priveşte datoriile externe, prezentând în final un nivel mediu de dificultate;
- dificultăţile legate de lipsa de informaţie şi experienţă sunt printre cele mai pregnante, mai ales prin lipsa aparatelor de măsură şi a experienţei în afaceri şi managementul riscului, prezentând în final un nivel ridicat de dificultate;

- dificultăţile privind derulările de credite prezintă valori care se încadrează în ansamblu la un nivel mediu, rezultat din comparaţia indicatorilor cont curent şi sold balanţă comercială;

- dificultăţile privind instituţii/proprietate ar părea că se încadrează la nivelul ridicat, dar sunt semnale că există şi unele realizări, fie ele chiar şi la nivel local. Pct. 4.3. de la această categorie nu se regăseşte încă în realitatea românească;

- dificultăţile privind existenţa şi derularea unor proiecte de eficienţă de anvergură mică pot fi calificate la nivel mediu, ţinând seama de cele întreprinse în cadrul programului PHARE;

- pe asamblu, dificultăţile legate de ultima categorie de bariere se prezintă la un nivel mediu, ţinând seama de faptul că preţul la energie tinde spre alinierea cu cele de pe piaţa internaţională, instabilitatea preţurilor fiind legată de trecerea treptată spre economia de piaţă, precum şi de faptul că mai persistă subsidii, iar externalităţile sunt încă neinternalizate şi nu sunt create nici condiţiile acestei realizări.

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x *Financing Energy Efficiency in Countries with Economies in Transition*, OECD, iulie 1996.

[2] Kogalniceanu, V., Rotaru, C. *Improvement of Energy Efficiency*, Regional WEC Seminar Sinaia martie 1995.

[3] x x x *Central European Economic Review*, iunie 1995.

[4] x x x La Roumanie, Oui! Guide a l`usage de investisseurs etrangers, 1995 Coopers & Lybrand

Referent: ing. Vasile Rugină - GSCI - Centrul de Cercetare, Bucureşti

(Primit la 5 noiembrie 1996, acceptat la 20 ianuarie 1997)

➪ (continuare din p.104)

2. Centralele termice industriale şi posibilitatea conversiei lor

Una din posibilităţile introducerii de puteri electrogeneratoare , care ar corespunde condiţiilor prezentate mai sus, este conversia centralelor termice (C.T.) industriale, dotate cu cazane cu abur, în centrale electrice de termoficare (C.E.T.), prin implantarea în schema termică a C.T. a turbinelor cu abur cu contrapresiune.

În prezent, în Republica Moldova există peste 80 de C.T. industriale cu puterea de la 20 MW până peste 100 MW, fiecare dotată cu cazane de tip DCVR şi DE. Aceste cazane au productivitatea între 6,5 t/h şi 25 t/h abur cu presiunea 1,4 MPa, saturat sau supraîncălzit până la temperatura de 220 - 250^0 C.

Consumatorii solicită, de obicei, presiuni de 0,15 - 0,5 MPa, care se obţin prin laminarea aburului în instalaţii de reducere. Înlocuirea acestor instalaţii prin turbine mici cu contrapresiune ar permite utilizarea pierderilor de energie, transformând C.T. în C.E.T.

3. Studiul procesului de destindere a aburului în turbina cu contrapresiune

Pentru studii şi calcule s-au admis următorii parametri:

- presiunea aburului la intrare P_1 = 1,3 MPa;
- presiunea aburului la ieşire P_2 = 0,5 MPa;
- temperatura aburului la intrare t_1 = 220^0 C;
- randamentul relativ intern al turbinei 0,8

Entalpia aburului la intrare în turbină va fi h_1 = 2860 kJ/kg, la ieşire, în procesul teoretic de destindere, h_2 - 2674 kJ/kg. Diferenţa de entalpii utilizată real în turbină va fi de 148,8 kJ/kg. La utilizarea aburului de către consumatori, el fiind răcit până la 80^0 C, căldura cedată constituie 2527 kJ/kg. Deci, energia utilizată de către turbină constituie 5,9 % din energia iniţială a aburului şi introducerea turbinei nu va limita posibilităţile de satisfacere de către C.T. a solicitărilor în energie termică.

Considerând valoriile randamentelor mecanic şi electric ale agregatului de câte 0,99, obţinem valoarea consumului specific de abur la 1 MW de 7,0 kg/s, ceea ce înseamnă că de la un debit al aburului de 1 t/h se vor putea obţine 40 kW energie electrică. Consumul specific de combustibil va fi determinat de randamentul centralei termice şi de pierderile electrice şi mecanice ale agregatului şi va fi de ordinul 140 gc.c./(kW.h), ceea ce este de peste două ori mai puţin decât cel tradiţional în sistemul energetic republican. Situarea puterilor electrogeneratoare în preajma consumatorilor va duce, de asemenea, la micşorarea pierderilor la transportul energiei electrice, care, conform datelor oficiale, constituie 20 -25 %.

Viteza aburului în turbină, la destinderea într-o treaptă, va fi de ordinul a 500 m/s, deci turbina poate fi executată cu una - două trepte, ceea ce prezintă o construcţie ieftină şi simplă pentru deservire.

4. Puteri disponibile în republică

Puterea termică totală a centralelor studiate depăşeşte 3,0 GW. Considerând valoarea coeficientului de folosire a utilajului de 0,6 - 0,7, poate fi instalată o putere electrică 120 - 150 MW. Producţia anuală de energie electrică va atinge 650 - 920 MWh, ceea ce în condiţiile consumurilor specifice de mai sus va da o economie de combustibil de 140 - 200 mii t c.c.

La C.T. cu puterea termică între 20 şi 50 MW se vor instala turbine cu puterea unitară de 0,5; 1.0; 1,5 şi 2,0 MW. În Republica Moldova funcţionează circa 50 centrale cu aceste puteri. Pentru fiecare putere menţionată vor exista 10 -15 unităţi. Pentru centralele cu puterea termică în jur de 100 MW, al căror număr este de peste 36, convenabile vor fi turbinele cu puteri de 3 MW şi 4 MW. Numărul necesar va fi de circa 15 unităţi pentru fiecare putere.

Concluzii

1. În Republica Moldova există necesitatea stringentă de introducere a puterilor electrogeneratoare cu o flexibilitate sporită şi o eficienţă maximă.
2. Utilizarea turbinelor cu contrapresiune pentru laminarea aburului la centralele termice industriale existente ar permite introducerea în republică a unei puteri electrogeneratoare de 120 - 150 MW.
3. Puterea electrică disponibilă la 1 t/h abur va fi de 40 kW.
4. Pentru C.T. existente vor fi necesare câte 10 - 15 turbine, fiecare având puteri electrice de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 şi 4,0 MW.
5. Consumul specific de combustibil la instalaţiile introduse va fi de circa 140 g.c.c./kWh.
6. În rezultatul conversiei propuse se va putea obţine o economie anuală de 140 - 200 mii t c.c.

ANALIZA TENSIUNILOR TERMICE LOCALE LA SCHIMBĂTOARELE DE CĂLDURĂ ÎN PERIOADA DE PORNIRE *

prof. dr. ing. GHEORGHE IORDACHE**

Analizând, pe baza teoriei învelişurilor de revoluţie, rezistenţa mecanică a îmbinării cu virolă scurtă dintre flanşă şi placa tubulară a unui schimbător de căldură, la care în funcţionare iau naştere temperaturi diferite între elementele îmbinării, se demonstrează că apar tensiuni locale mult mai mari decât cele avute în vedere la calculul de rezistenţă uzual.

Exemplul de calcul prezentat şi care ia în considerare perioada de funcţionare în regim a utilajului, dovedeşte cu prisosinţă afirmaţia făcută. Dar în perioada de pornire diferenţele de temperaturi dintre elementele îmbinării fiind mult mai mari faţă de perioada de regim, pot apărea consecinţe dramatice (chiar avarierea utilajului, ce poate da naştere şi unor accidente de muncă).

The analysis, based on the revolving casings theory, of the mechanical strength of the short ring joint between the flange and the tube wall of a heat exchanger where during its operation various temperatures develop amony the joint elements, prorex that in fact there develop local stresses much higher than the ones considered in the common strength calculation.

The proposed example of strength calculation which takes into consideration the rated operation period of the equipment emphasizes the above made statement. As, during the start-up period the temperature differences among the joint elements are highes than the ones during the rated operation period, dramatic consequences can develop (even the equipment breakdown, which finaly result in unpleasant industrial accidents).

Descriptori: schimbător de căldură, deformaţii termice, teoria învelişurilor

Introducere

Schimbătoarele de căldură industriale sunt utilaje pentru care calculul de rezistenţă este bine pus la punct şi nu mai oferă surprize neplăcute (avarii) din acest punct de vedere. Totuşi, apariţia unor tensiuni locale, care nu fac obiectul calculului general, poate duce la efecte total nedorite asupra integrităţii utilajului. O astfel de zonă sensibilă o constituie îmbinarea dintre manta şi placa tubulară. În practică această îmbinare este întâlnită în mai multe variante [1 - 4] (fig.1).

Dintre aceste variante, cazurile a şi b constituie situaţiile cele mai periculoase, deoarece tensiunile care iau naştere ating valorile cele mai mari. Situaţia este justificată de faptul că tensiunile din virola scurtă, sudată între flanşe şi placa tubulară, pot atinge valori ridicate ca urmare a interinfluenţării forţelor care apar la cele două capete ale virolei (în zona flanşei, respectiv în zona plăcii tubulare). Mantaua, sudată între cele două plăci tubulare, este mult mai puţin tensionată în zona îmbinării cu placa tubulară, ea fiind prevăzută cu compensatoare de dilataţie, ceea ce permite preluarea de către aceste compensatoare, a tensiunilor din temperatură.

În consecinţă, lucrarea se va concentra asupra tensiunilor care iau naştere în virola scurtă (elementul 2, fig.2).

* Lucrarea prezentată la masa rotundă "Creşterea eficienţei de utilizare a energiei electrice şi termice. Tehnologii electrice de utilizare a energiei", Bucureşti, decembrie 1996.

** Facultatea de Inginerie Mecanică - Universitatea "Politehnica" Bucureşti.

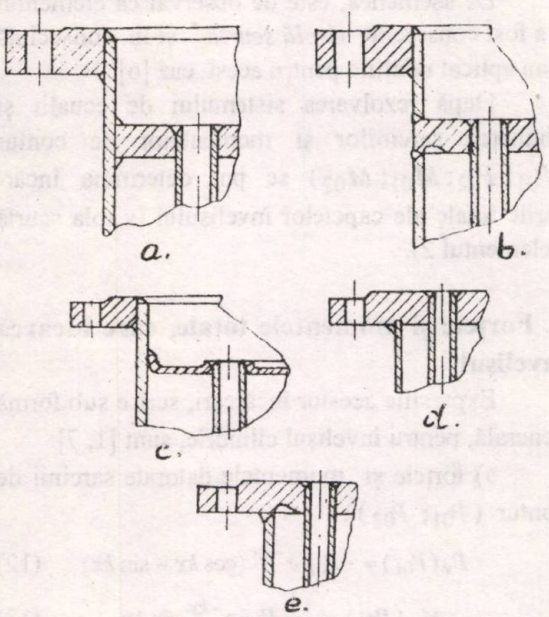


Fig.1. Scheme de îmbinări între placa tubulară şi manta: a - cu manta continuă; b - cu virolă scurtă; c - placă tubulară subţire; d, e - placa tubulară este realizată şi ca flanşă.

1. Determinarea sarcinilor şi momentelor de contur

Pentru rezolvare se apelează la teoria învelişurilor de revoluţie [1, 5, 6].

Considerând îmbinarea din varianta *a* (fig.1) * se face descompunerea nodurilor în elementele componente şi se introduc forţele şi momentele de contur (fig.2).

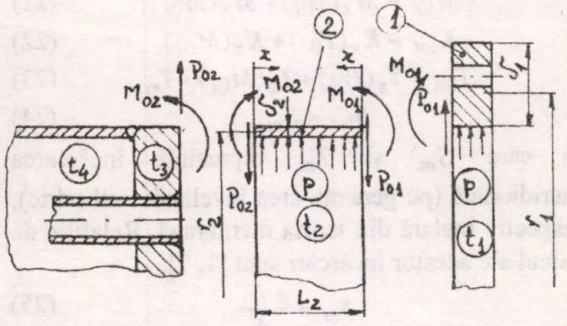


Fig.2. Schema de calcul a îmbinării cu virolă scurtă.

Scriind ecuaţiile de echilibru pentru deplasările şi rotaţiile [1, 6] care apar ca rezultat al forţelor şi momentelor de contur, al presiunii fluidului din interior şi al deformaţiilor datorită temperaturii diferite ale elementelor din îmbinare, rezultă:

$$\Delta_1^{P01} + \Delta_1^{M01} + \Delta_1^{p} + \Delta_1^{t} = \Delta_2^{P01} + \Delta_2^{M01} + \Delta_2^{p} + \Delta_2^{t} \quad (1)$$

$$\theta_1^{P01} + \theta_1^{M01} = \theta_2^{P01} + \theta_2^{M01} \quad (2)$$

$$\Delta_2^{P02} + \Delta_2^{M02} + \Delta_2^{p} + \Delta_2^{t} = 0 \quad (3)$$

$$\theta_2^{P02} + \theta_2^{M02} = 0 \quad (3)$$

Se obţine un sistem de patru ecuaţii în care pentru un caz dat (presiuni şi temperaturi cunoscute) singurele necunoscute sunt sarcinile şi momentele de contur (P_0, M_0).

În scrierea relaţiilor (1) ... (4) s-a considerat placa tubulară fiind rigidă, deoarece este mult mai groasă şi are un volum de material mult mai mare decât mantaua. De asemenea, fascicolul tubular rigidizează şi mai mult acest element constructiv. Pe de altă parte, flanşa, deşi are grosime destul de mare faţă de manta, este un inel de lăţime redusă şi în plus este slăbită şi de numărul mare de găuri pentru şuruburile de prindere.

Înlocuind expresiile deformaţiilor şi rotaţiilor [1,6] se obţine:

$$-\frac{2k_1r_1^2}{\delta_1 E}(P_{01} + k_1 M_{01}) - \frac{2-\mu}{2E}\left(\frac{r_1^2}{\delta_1} - \frac{r_2^2}{\delta_2}\right) - \alpha(r_1 t_1 - r_2 t_2) = \frac{1}{\mathrm{sh}^2 k_2 L_2 - \sin^2 k_2 L_2} \cdot$$

$$\cdot\left\{\frac{1}{2k_2^3 D_2}\left[(\mathrm{sh}\, k_2 L_2 \cdot \mathrm{ch}\, k_2 L_2 - \sin k_2 L_2 \cos k_2 L_2)\cdot P_{01} + \mathrm{sh} k_2 L_2 (\cos k_2 L_2 - \sin k_2 L_2) P_{02}\right]\right.$$

$$-\frac{1}{2k_2^2 D_2}\left[(\mathrm{sh}^2 k_2 L_2 + \sin^2 k_2 L_2) M_{01} + \mathrm{sh} k_2 L_2 \cdot \sin k_2 L_2 M_{02}\right]\Big\} \quad (5)$$

$$\frac{2k_1^2 r_1^2}{\delta_1 E}(P_{01} + 2k_1 M_{01}) = \frac{1}{\mathrm{sh}^2 k_2 L_2 - \sin^2 k_2 L_2} \cdot$$

$$\cdot\left\{\frac{1}{2k_2^2 D_2}\cdot\left[(\mathrm{sh}^2 k_2 L_2 + \sin^2 k_2 L_2) P_{01} - \mathrm{sh}\, k_2 L_2 \cdot \sin k_2 L_2 P_{02}\right] - \frac{1}{k_2 D_2}\cdot\right.$$

$$\left.\left[(\mathrm{sh}\, k_2 L_2 \cdot \mathrm{ch}\, k_2 L_2 + \sin k_2 L_2 \cdot \cos k_2 L_2) M_{01} - (\mathrm{ch}\, k_2 L_2 \cdot \sin k_2 L_2 + \mathrm{sh}\, k_2 L_2 \cdot \cos k_2 L_2) M_{02}\right]\right\} \quad (6)$$

* Varianta *b* se rezolvă în mod identic, porţiunea de manta sudată de placa tubulară face corp comun cu aceasta, fiind sudată de ambele părţi ale plăcii tubulare.

$$\frac{1}{\mathrm{sh}^2 k_2L_2 - \sin^2 k_2L_2}\cdot\left\{\frac{1}{2k_2^3D_2}\cdot\left[(\mathrm{sh}\,k_2L_2\cdot\mathrm{ch}\,k_2L_2 - \right.\right.$$
$$-\sin k_2L_2\cdot\cos k_2L_2)\cdot P_{02} + \mathrm{sh}\,k_2L_2(\cos k_2L_2 -$$
$$\left.-\sin k_2L_2)P_{01}\right] - \frac{1}{2k_2^2D_2}\left[(\mathrm{sh}^2 k_2L_2 + \sin^2 k_2L_2)\cdot\right.$$
$$\left.\left.\cdot M_{02} + \mathrm{sh}\,k_2L_2\cdot\sin k_2L_2 M_{01}\right]\right\} - \frac{2-\mu}{2\delta_2 E}r_2^2 p -$$
$$-\alpha\, r_2(t_2 - t_3) = 0 \qquad (7)$$

$$\frac{1}{\mathrm{sh}^2 k_2L_2 - \sin^2 k_2L_2}\cdot\left\{\frac{1}{2k_2^2D_2}\cdot\left[(\mathrm{sh}^2 k_2L_2\cdot\sin^2 k_2L_2)P_{02} - \right.\right.$$
$$\left.\mathrm{sh}\;k_2L_2\cdot\sin k_2L_2P_{01}\right] + \frac{1}{k_2D_2}\left[(\mathrm{sh}\,k_2L_2\cdot\mathrm{ch}\,k_2L_2 - \right.$$
$$-\sin k_2L_2\cdot\cos k_2L_2)\cdot M_{02} - (\mathrm{ch}\,k_2L_2\sin k_2L_2 +$$
$$\left.\left.+\,\mathrm{sh}\,k_2L_2\cdot\cos k_2L_2)M_{01}\right]\right\} = 0 \qquad (8)$$

În aceste relaţii, în afara notaţiilor prezentate pe figură, s-au mai folosit următoarele: coeficientul de amortizare $k_{1(2)}$; modulul de elasticitate longitudinală E; coeficientul contracţiei transversale μ; coeficientul de dilatare liniară α; rigiditatea cilindrică $D_{1(2)}$.

Expresiile de calcul ale coeficientului de amortizare şi ale rigidităţii cilindrice sunt [1, 6]:

$$k = \sqrt[4]{3(1-\mu^2)}\,\frac{1}{\sqrt{r\cdot\delta}} \qquad (9)$$

$$D = \frac{E\cdot\delta^3}{12(1-\mu^2)} \qquad (10)$$

Relaţiile (5) ... (6) sunt expresiile particulare scrise pentru x= 0, respectiv x = L (fig. 2) ale expresiilor generale ale deplasărilor şi rotaţiilor [6]. De exemplu, expresia deplasării radiale datorată forţei de contur P_0, scrisă sub formă generală [6], este:

$$\Delta r_x = \frac{P_0}{2kD(\mathrm{sh}^2 kL - \sin^2 kL)}\,[(\mathrm{sh}\,kL\cdot\mathrm{ch}\,kL - \sin kL\cdot$$
$$\cdot\cos kL)\cdot\mathrm{ch}\,kx\cdot\cos kx - \mathrm{sh}^2 kL\cdot\mathrm{sh}\,kx\cdot\cos kx -$$
$$-\sin^2 kL\cdot\mathrm{ch}\,kx\cdot\sin kx] \qquad (11)$$

În mod uzual se calculează tensiunile de pe contur (la capetele învelişului) şi după aceea se verifică variaţia acestor tensiuni în lungul virolei cilindrice (în cazul de faţă elementul numerotat cu 2).

De asemenea, este de observat că elementul 2 a fost considerat *virolă scurtă* * şi în consecinţă s-au aplicat relaţiile pentru acest caz [6].

După rezolvarea sistemului de ecuaţii şi obţinerea sarcinilor şi momentelor de contur (P_{01}; P_{02}; M_{01}; M_{02}) se pot determina încărcările totale ale capetelor învelişului (virola scurtă - elementul 2).

2. Forţele şi momentele totale, care încarcă învelişul

Expresiile acestor încărcări, scrise sub formă generală, pentru învelişul cilindric, sunt [1, 7]:

a) forţele şi momentele datorate sarcinii de contur (P_{01}; P_{02}):

$$P_x(P_{0i}) = -P_{0i}\,e^{-kx}(\cos kx - \sin kx) \qquad (12)$$

$$M_x(P_{0i}) = -\frac{1}{k}P_{0i}\,e^{-kx}\sin kx \qquad (13)$$

$$K_x(P_{0i}) = \mu M_x(P_{0i}) \qquad (14)$$

$$T_x(P_{0i}) = -2\,kr\,P_{0i}\,e^{-kx}\cos kx \qquad (15)$$

b) forţele şi momentele datorate momentelor de contur (M_{01}; M_{02}):

$$P_x(M_{0i}) = 2k\,M_{0i}\,e^{-kx}\sin kx \qquad (16)$$

$$M_x(M_{0i}) = -M_{0i}\,e^{-kx}(\cos kx + \sin kx) \qquad (17)$$

$$K_x(M_{0i}) = \mu M_x(M_{0i}) \qquad (18)$$

$$T_x(M_{0i}) = -2k^2r^2M_{0i}\,e^{-kx}(\cos kx + \sin kx) \qquad (19)$$

Expresiile încărcărilor totale sunt:

$$P_{tot} = P_x(P_{0i}) + P_x(M_{0i}) \qquad (20)$$

$$M_{tot} = M_x(P_{0i}) + M_x(M_{0i}) \qquad (21)$$

$$K_{tot} = K_x(P_{0i}) + K_x(M_{0i}) \qquad (22)$$

$$T_{tot} = T_x(P_{0i}) + T_x(M_{0i}) + T_m \qquad (23)$$

$$S_{tot} = S_m, \qquad (24)$$

în care S_m şi T_m reprezintă încărcarea meridională (pe generatoarea învelişului cilindric), respectiv inelară din teoria membrană. Relaţiile de calcul ale acestor încărcări sunt [1, 7]:

$$S_m = \frac{p\,D_c}{4}, \qquad (25)$$

---

* Lungimea pe care se simte influenţa încărcărilor de contur (P_0 şi M_0) este dată de relaţia $l_S = \pi/k$ [1]. Dacă lungimea reală a virolei L este mai mică decât l_S, încărcările celor două capete (vezi fig. 2) se interinfluenţează. Pentru exemplul de la sfârşitul lucrării se obţine l_S = 0,20944 m. Cum lungimea virolei este L_2 = 0,15 m, rezultă $L_2 < l_S$.

$$T_m = \frac{p\,D_c}{2}, \qquad (26)$$

în care p este presiunea interioară, D_c - diametrul mediu al corpului cilindric.

3. Relaţiile de calcul al tensiunilor echivalente

Tensiunile meridionale şi inelare sunt [1, 6, 7]:

$$\sigma_1 = \frac{S}{\delta} \pm \frac{6M_{tot}}{\delta^2} \qquad (27)$$

$$\sigma_2 = \frac{T}{\delta} \pm \frac{6K_{tot}}{\delta^2} \qquad (28)$$

Tensiunea echivalentă se calculează cu relaţia:

$$\sigma_{ech} = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_2^2} \le \sigma_a, \qquad (29)$$

în care σ_a reprezintă valoarea tensiunii admisibile pentru materialul ales. Valoarea sa se obţine din relaţia:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_c}{c_c}, \qquad (30)$$

unde s-a notat cu σ_c limita de curgere a materialului, iar cu c_c coeficientul de siguranţă faţă de limita de curgere.

4. Exemplu de calcul

• Se consideră un condensator având următoarele caracteristici constructive:

- diametrul interior al mantalei (virolei cilindrice) : $D_c = 1{,}2$ m ;
- diametrul interior al flanşei: $D_{i,f} = 1{,}224$ m;
- diametrul exterior al flanşei: $D_{e,f} = 1{,}35$ m ;
- lungimea virolei de legătură dintre flanşe şi placa tubulară : $L_2 = 0{,}15$ m ;
- grosimea mantalei (şi a virolei scurte) $\delta_2 = 0{,}012$ m;
- lăţimea flanşei: $\delta_1 = 0{,}064$ m .

• Caracteristicile funcţionale şi de material sunt următoarele:

- presiunea din ţevi (care acţionează pe elementul 2): $p = 6 \times 10^3$ N/m^2 ;
- temperatura flanşei: $t_1 = 55°$ C;
- temperatura virolei scurte : $t_2 = 60°$ C;
- temperatura apei de răcire (din ţevi): $t_a = 60°$ C;
- temperatura fluidului de lucru: $t_f = 100°$ C;
- temperatura plăcii tubulare ($\frac{t_a + t_f}{2}$): $t_3 = 80°$ C;
- modulul de elasticitate longitudinală: $E = 2{,}1 \times 10^{11}$ N/m^2 ;
- coeficientul de dilatare liniară, pentru oţel sudabil : $\alpha = 12{,}1 \times 10^{-6}$ m/m.grad ;
- coeficientul contracţiei transversale $\mu = 0{,}3$ (oţel);
- materialul de execuţie al virolei: R 37.4 b (STAS 2883-80), având $\sigma_c = 235 \times 10^6$ N/m^2;
- coeficientul de siguranţă faţă de limita de curgere: $c_c = 1{,}8$ [1].

Mărimi ajutătoare [rel.(9) şi (10)]:

$k_1 = 6{,}3217$ 1/m; $k_2 = 14{,}9994$ 1/m

$D_1 = 5{,}0412 \times 10^6$ N.m $D_2 = 3{,}3231 \times 10^4$ N.m,

pentru care s-au folosit valorile medii ale razelor, respectiv $r_1 = 0{,}646$ m şi $r_2 = 0{,}606$ m (vezi fig.2).

Efectuând toate înlocuirile în sistemul de ecuaţii (5) ... (8), cu păstrarea convenţiei de semne, după o serie de simplificări, se obţine:

$5{,}1358 \times 10^{-4} P_{01} - 1{,}3807 \times 10^{-4} P_{02} - 6{,}8478 \times 10^{-3} M_{01} - 1{,}1408 \times 10^{-3} M_{02} = 6{,}8529$

$-6{,}818 \times 10^{-2} P_{01} + 1{,}1408 \times 10^{-2} P_{02} + 2{,}0949 M_{01} - 7{,}3671 \times 10^{-2} M_{02} = 0$

$1{,}3745 \times 10^{-4} P_{01} - 4{,}7898 \times 10^{-4} P_{02} + 1{,}1408 \times 10^{-3} M_{01} + 7{,}0662 \times 10^{-3} M_{02} = 7{,}2317$

$1{,}1408\, P_{01} - 7{,}0662 \times 10^{-2} P_{02} + 7{,}3671 \times 10^{-2} M_{01} - 2{,}635\, M_{02} = 0$

Rezolvând sistemul de ecuaţii rezultă* :

$P_{01} = 2{,}3848 \times 10^4$ N/m $P_{02} = -2{,}6471 \times 10^3$ N/m

$M_{01} = 7{,}9939 \times 10^2$ N.m/m $M_{02} = 2{,}5103 \times 10^2$ N.m/m

Încărcările din teoria membrană sunt [rel.(25) şi (26)]:

$S_m = 1{,}8 \times 10^5$ N/m $T_m = 3{,}6 \times 10^5$ N/m

Sarcinile şi momentele datorate încărcărilor de contur [rel.(12) - (19)], pentru x = 0, sunt prezentate în tabelul 1.

Încărcările totale [rel. (20) - (24)] sunt prezentate în tabelul 2.

Analizând tabelul 2 se constată că încărcările totale datorate încărcărilor de contur P_{0i}, M_{0i} (capătul virolei de la flanşe) sunt mai mari decât în celălalt caz.

În consecinţă se va calcula tensiunea echivalentă pentru cazul menţionat, deci

$\sigma_1^i = 4{,}8308 \times 10^7$ N/m^2 ; $\sigma_1^e = -1{,}8303 \times 10^7$ N/m^2

$\sigma_2^i = 9{,}4286 \times 10^7$ N/m^2 ; $\sigma_2^e = 7{,}4301 \times 10^7$ N/m^2,

în care exponenţii i şi e corespund suprafeţei interioare, respectiv exterioare a învelişului (în funcţie de modul

* Sarcinile şi momentele de contur sunt considerate uniform repartizate pe lungimea elementului, deci unităţile de măsură sunt N/m, respectiv N.m/m.

Tabelul 1

Sarcinile şi momentele pentru x = 0, datorită încărcărilor de contur (P_0 , M_0)

P_{01} [N/m]	M_{01} N.m/m	P_{02} [N/m]	M_{02} [N.m/m]
$M_{x=0} = 0$	$M_{x=0} = 7,9939 \times 10^2$	$M_{x=0} = 0$	$M_{x=0} = 2,5103 \times 10^3$
$K_{x=0} = 0$	$K_{x=0} = 2,3982 \times 10^2$	$K_{x=0} = 0$	$K_{x=0} = 7,5309 \times 10$
$T_{x=0} = 4,3354 \times 10^5$	$T_{x=0} = 2,1798 \times 10^5$	$T_{x=0} = 4,8122 \times 10^4$	$T_{x=0} = 6,845 \times 10^4$

Observaţie: încărcările P_x (P_{0i} , M_{0i}) nu au mai fost introduse în tabel. Ele dau tensiuni de forfecare şi este cunoscut că acestea sunt mult mai mici decât tensiunile meridionale şi inelare (σ_1 şi σ_2). Tensiunile de forfecare sunt cel puţin cu un ordin de mărime mai mici decât celelalte. Din acest motiv tensiunile de forfecare se neglijează [1, 6, 7].

Tabelul 2

Sarcinile şi momentele totale din înveliş, pentru x = 0

Rezultatele datorită încărcărilor P_{0i} şi M_{0i}	Rezultate datorită încărcărilor P_{0i} şi M_{0i}
$M_{tot} = 7,9939 \times 10^2$ N.m/m	$M_{tot} = 2,5103 \times 10^2$ N.m/m
$K_{tot} = 2,3982 \times 10^2$ N.m/m	$K_{tot} = 7,5309 \times 10^2$ N.m/m
$T_{tot} = 10,1152 \times 10^5$ N.m/m	$T_{tot} = 3,8033 \times 10^5$ N.m/m
$S_{tot} = 1,8 \times 10^5$ N.m/m	$S_{tot} = 1,8 \times 10^5$ N.m/m

de acţiune a momentului M_{01} (vezi fig.2) care provoacă întindere la suprafaţa interioară şi compresie la suprafaţa exterioară).

Tensiunile echivalente sunt:

$\sigma^i_{ech} = 8,1662 \times 10^7$ N/m^2 $\quad \sigma^e_{ech} = 8,4984 \times 10^7$ N/m^2

Tensiunile din teoria membrană au valorile:

$$(\sigma_1)_m = \frac{S_m}{\delta_2} = 1,5 \times 10^7 \ N/m^2;$$

$$(\sigma_2)_m = \frac{T_m}{\delta_2} = 3 \times 10^7 \ N/m^2,$$

iar tensiunea echivalentă din teoria membrană este

$(\sigma_{ech})_m = 2,5981 \times 10^7$ N/m^2.

Calculul de dimensiuni a mantalei schimbătoarelor de căldură se face cu ajutorul relaţiilor din teoria membrană. Se observă că tensiunile din virola de legătură dintre flanşe şi placa tubulară sunt de câteva ori mai mari, mai exact:

$$\frac{\sigma^i_{ech}}{(\sigma_{ech})_m} = 3,1432; \qquad \frac{\sigma^e_{ech}}{(\sigma_{ech})_m} = 3,2696.$$

Cu toate acestea valoarea tensiunii admisibile nu este depăşită, $\sigma_a = 1,3056 \times 10^8$ N/m^2 (rel.(30)).

Ţinând seama că elementul 2 este o virolă scurtă, deci încărcările de la cele două capete se interinfluenţează, trebuie procedat la studiul variaţiei tensiunilor pe lungimea acestui element.

Pentru aceasta, în sistemul de ecuaţii (1) ... (4) se introduc expresiile generale (cu variabila x [6]) ale deplasărilor şi rotaţiilor [un exemplu este prezentat de relaţia (11)].

Introducând acest sistem de ecuaţii în calculator şi dând diverse valori variabilei x [$0 \leqslant x \leqslant 0,15$ m], s-a obţinut variaţia de tensiuni prezentată în diagrama din figura 3.

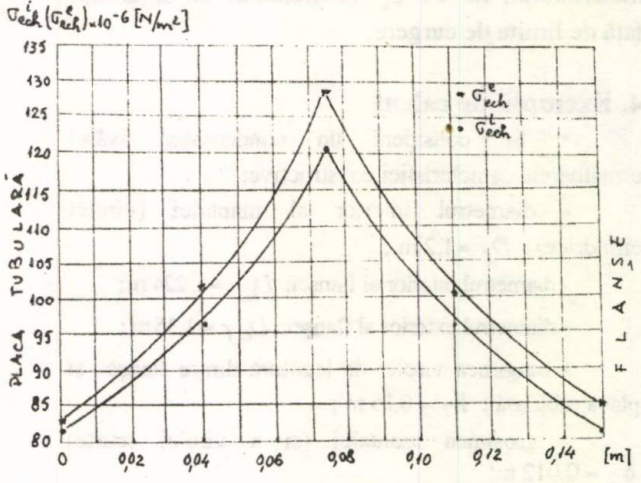


Fig.3. Diagrama de variaţie a tensiunilor în lungul virolei scurte ($L_2 = 0,15$ m).

Datorită interinfluenţelor încărcărilor de la capetele virolei scurte şi având în vedere şi lungimea redusă a acestui element, tensiunea maximă este la jumătate din lungimea sa (x = 0,075 m). În acest punct tensiunea echivalentă calculată este:

$\sigma^i_1 = 1,2226 \times 10^8$N/m^2 ; $\quad \sigma^e_1 = -9,2263 \times 10^7$ N/m^2;

$\sigma^i_2 = 1,1794 \times 10^8$N/m^2 ; $\quad \sigma^e_2 = 5,3579 \times 10^7$ N/m^2 ;

$\sigma^i_{ech} = 1,2016 \times 10^8$N/m^2; $\quad \sigma^e_{ech} = 1,2777 \times 10^8$ N/m^2 .

Dacă comparăm valoarea acestor tensiuni echivalente cu tensiunea membrană se obţine:

$$\frac{s^{i}_{ech}}{(s_{ech})_m} = 4{,}6249; \quad \frac{s^{e}_{ech}}{(s_{ech})_m} = 4{,}9178.$$

Se constată că valoarea maximă a tensiunii din această virolă de legătură este sensibil mai mare faţă de ceea ce se calculează în mod obişnuit în proiectare şi valoarea maximă a tensiunii ($1{,}2777 \times 10^8$ N/m^2) se apropie foarte mult de tensiunea admisibilă ($1{,}3056 \times 10^8$ N/m^2).

Concluzii

După cun s-a putut observa, exemplul de calcul a considerat un caz la care diferenţa de temperatură între cele două fluide nu este mare (60^0 C şi 100^0 C). De asemenea,diferenţele luate în calcul au fost considerate pentru perioda de regim de funcţionare. Însă în perioada de pornire a instalaţiei şi deci şi a condensatorului, diferenţele de temperatură pot diferi sensibil de cele considerate.

În concluzie, pentru inginerul energetician este deosebit de important de reţinut că orice pornire a instalaţiilor, în care există utilaje unde pot apărea diferenţe de temperatură, trebuie să se facă în timp îndelungat (de ordinul orelor). Deci, atingerea parametrilor de regim nu trebuie să se facă rapid, ci pe o anumită perioadă de timp, pentru ca toate elementele componente ale utilajelor şi ale întregii instalaţii să atingă temperaturile de lucru din perioada de regim de funcţionare normal. Pentru a se stabili perioada de timp corespunzătoare trebuie consultat proiectantul utilajului.

Din exemplul considerat se constată că,chiar în perioada de regim stabilizat, tensiunea maximă se apropie foarte mult de tensiunea admisibilă. În cazul diferenţelor de temperatură mai mari situaţia devine de-a dreptul periculoasă.

BIBLIOGRAFIE

[1] Renert, M. *Calculul şi construcţia utilajului chimic,* vol.I, ed. III. Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1971, p. 35, 72 344-373.

[2] Domajnev, A.D. *Utilaje pentru industria chimică.* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1962, p. 336 - 422.

[3] Iordache, Gh. ş.a. *Utilaje pentru industria chimică şi petrochimică.* Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1982, p. 135-141.

[4] Iordache, Gh., Sima, T., Jugănaru, M. *Analiza stării de tensiuni termice din îmbinarea bandaj - tub metalic agregatele cu tambur rotativ.* În volumul sesiunii ştiinţifice "Procese termice - SIAC", 15 - 16 noiembrie, 1990.

[5] Iordache, Gh., Jugănaru, M., Sima, T. *Studiul tensiunilor termice din îmbinarea corpului recipientului sub presiune cu inelele exterioare de rigidizare.* În volumul sesiunii ştiinţifice de la I.P.G. Ploieşti, 14-15 mai 1992.

[6] Pavel, A. *Elemente de inginerie mecanică.* Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1981, p. 224-226.

[7] Kantorovici, Z.B. *Die Festigkeit der Apparate und Maschinen für die Chemische Industrie.* Varlag Technik. Berlin, 1995.

Referent: ing. Alexandru Florescu - GSCI - CC, Bucureşti

(Primit la 1 octombrie 1996, acceptat la 20 ianuarie 1997)

Nota autorului: Lucrarea este dedicată memoriei soţiei mele Roxana Iordache.

MONITORIZAREA ENERGIEI ELECTRICE DISTRIBUITE ÎN REȚEAUA DE JOASĂ TENSIUNE
- Pilot Buftea - *

ing. MIHAI IVAN, ing. CRISTINEL SUBAȘU, ing. TIBERIU ALUAȘ, ing. DAN GĂVĂNESCU **

Prezentul articol atinge un subiect de actualitate, la noi în țară chiar în premieră, și anume cel al instalațiilor de monitorizare a energiei electrice distribuite prin rețelele de joasă tensiune la consumatorii casnici, utilizând pentru transportul informației chiar linia de transport al energiei electrice.

Instalația prezentată este montată în orașul Buftea, la patru scări de bloc, cuprinzând un număr de 196 de consumatori. Monitorizarea consumului se face pe două paliere de consum cu tarife diferențiate între orele 06:00 - 22:00 și 22:00-06:00.

În principal, în lucrare s-a urmărit analiza obiectivă a avantajelor și dezavantajelor unui astfel de sistem, precum și o determinare a perioadei de amortizare a sistemului.

S-au stabilit inițial niște criterii de evaluare, s-a urmărit gradul de îndeplinire a acestora, folosindu-se un sistem de notare de la 1 la 10.

The paper tackles a world-wide relevant problem which in our conntry is addressed for the first time, namely that of the monitoring equipment of the electric power distributed through the low voltage grids to the domestic consumers, providing the information transmission through the same electricity transmission line.

The equipment described in the paper is installed in Buftea in a block of flats with four entiances which comprises 196 consumers.

The consumption monitoring is carried out in accordance with two consumption levels whose tariffs are differentiated between the 06 : 00 - 22 : 00 and 22 : 00 - 06 : 00 fours.

The advantages and drawbacks of such a system are analysed at the same time with the system payback period.

There have been initially establisted certain assessment criteria, in a firststaage and the appreciation of the degree to which isthey are fulfilled is possible duc to a grading system ranging from 1 to 10.

Descriptori: sisteme electroenergetice, rețea j.t, energie electrică, monitorizare

Introducere

Dezvoltarea sistemelor informatice în structuri de rețele largi, distribuite pe zone geografice întinse, pe fondul rafinării procedurilor de vânzare a energiei electrice, a permis dezvoltarea de instrumente tot mai perfecționate pentru monitorizarea consumurilor de energie electrică și controlul relațiilor comerciale dintre furnizor și consumator.

Pe această linie s-a început realizarea unui sistem modern de management al energiei electrice la consumatorii casnici în fază de pilot. Protagoniștii acestei acțiuni sunt Filiala de Rețele Electrice (FRE) - București, care furnizează energie electrică în Sectorul Agricol Ilfov (SAI), interesată în modernizarea instalațiilor de înregistrare a consumului, și firma Intracom S.A. Grecia, producătoare de echipamente pentru configurația în discuție și de integratoare de sisteme de management energetic.

La realizarea acestei aplicații a fost angrenat RENEL-GSCI, ca institut de specialitate, pentru asistență tehnică în faza de proiectare și pentru evaluarea testului pilot în decursul derulării acestuia.

Prezentarea generală a sistemului

Sistemul de management energetic prezentat în lucrare (denumit SEMIRAMIS) realizează într-o manieră modernă înregistrarea centralizată a consumului de energie electrică pentru un număr mare de consumatori, alimentați pe joasă tensiune,

* Lucrare prezentată la masa rotundă "Creșterea eficienței de utilizare a energiei electrice și termice. Tehnologii electrice de utilizare a energiei" GSCI - Centrul de Inginerie, București, 10 decembrie, 1996

** GSCI - Centrul de Inginerie, București

răspândiți geografic, pe două intervale tarifare cu posibilități de extindere până la șase.

La nivel central, sistemul cuprinde un pachet de programe intitulat SEMIRAMIS, dezvoltat sub sistemul de operare UNIX HP-9, ca o aplicație de tip windows, complet grafică; acest pachet se rulează pe un calculator puternic din seria HP 712.

Funcțiunile realizate de sistem sunt următoarele:

- *achiziție și schimb de date ;*
- *gestiune bază de date;*
- *interfață grafică utilizator;*
- *monitorizare a rețelei de concentratoare;*
- *monitorizarea rețelei de contoare de energie electrică;*
- *generare de rapoarte (date de consum, de stare, alarme, date statistice);*
- *comutarea automată a intervalelor tarifare;*
- *codificare date;*
- *retransmisie date după întreruperi;*
- *funcții de securitate;*
- *alarmare;*
- *export date pentru întocmirea facturii de energie electrică.*

♦ Structura hardware

Sistemul de management energetic realizat la nivel de pilot în zona Buftea are o structură ierarhizată cu funcțiuni distribuite conform schemei din figura 1.

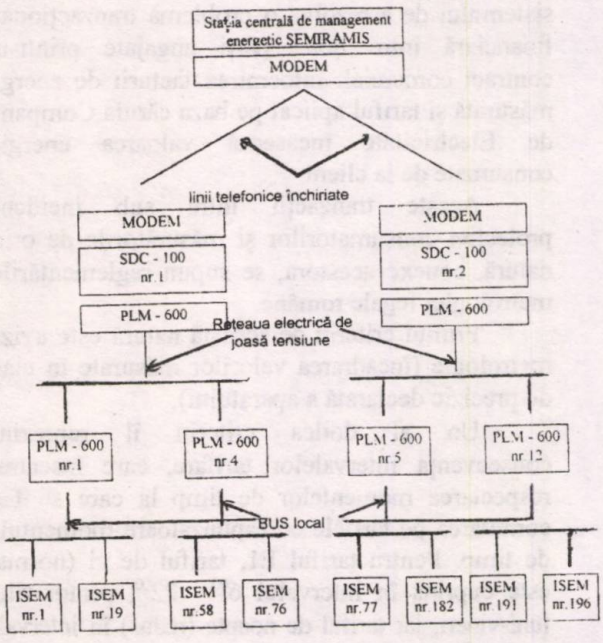


Fig.1.

Echipamentele componente ale sistemului sunt:

- contoare statice de energie electrică de tip ISEM - 60 - S, de fabricație INTRACOM S.A. - Grecia. Acestea recepționează semnalul de comutare a tarifului, transmis prin rețeaua electrică de joasă tensiune, contorizează energia consumată pentru două intervale conform tarifului E1 pentru consumatori casnici și transmite valorile înregistrate către nivelul central prin intermediul bus - ului local;
- modemuri de tip PLM 600 (Power Line Modem), de fabricație INTRACOM S.A. - Grecia. Asigură transmiterea datelor între contoarele ISEM - 60 - S și concentratoarele de date prin rețeaua electrică de joasă tensiune;
- concentratoarele de date SEMIRAMIS - SDC 100, de fabricație INTRACOM S.A. Grecia, asigură, prin intermediul rețelei electrice de joasă tensiune, colectarea datelor de la contoarele din zona de rețea supervizată și le transmite apoi la stația de la nivelul central. Suplimentar pentru acest pilot, acoperă lipsa generatoarelor de comandă (RCG - Ripple Control Generator) de pe medie tensiune prin transmiterea comenzilor de comutare a tarifului în rețeaua electrică de joasă tensiune la comanda stației centrale, conform tarifului aplicat;
- sistemul de management energetic de la centrul de distribuție. Este realizat cu un soft de aplicație intitulat SEMIRAMIS (cel care dă numele întregului sistem), licență INTRACOM S.A. Grecia, care se rulează pe o stație HP 712. Acest sistem este capabil să monitorizeze și să controleze toată rețeaua de concentratoare și contoare de energie electrică din subordine. Datele colectate sunt stocate în baze de date, care apoi sunt prelucrate în vederea pregătirii rapoartelor necesare.

♦ Componenta software

SEMIRAMIS (contor electronic de energie electrică cu acces automat la informațiile sistemului de măsură) este o aplicație software care controlează, configurează și administrează un număr mare de SDC, ale căror contoare acoperă o zonă întinsă.

SEMIRAMIS oferă facilități pentru controlul și administrarea sistemului:

- controlul automat al operării SDC;
- administrarea automată a SDC;
- controlul în timp real al funcționării sistemului ;
- comunicație în timp real cu SDC ;

- prelucrare statică a datelor;
- facilităţi de afişare, prezentate.

♦ **Criterii de evaluare a sistemului pilot**

Când spunem criterii ne referim la acele caracteristici, elemente şi condiţii tehnice, economico-sociale şi legale, legate de sistemul SEMIRAMIS la care se solicită verificări în condiţii de exploatare pe baza cărora să se obţină o imagine cât mai completă referitoare la performanţele acestuia.

♦ **Criterii tehnice**

Deosebim următoarele criterii:

- *prelevarea datelor;*
- *siguranţa transmisiei;*
- *prelucrarea datelor.*

Pentru evaluarea sistemului din punctul de vedere al prelucrării datelor propunem următoarele criterii:

⇒ *tipul datelor de consum;*
⇒ *prezentarea rapoartelor de consum;*
⇒ *memorarea datelor;*
⇒ *întocmirea facturii de electricitate;*
⇒ *existenţa palierelor de consum:*

* consumul lunar de energie (pentru tariful D)
* consumul lunar de energie diferenţiat pe două paliere de timp corespunzătoare unor tarife diferenţiate:

luni-vineri	ora	6^{00} - 22^{00}	tarif normal
		22^{00} - 6^{00}	tarif redus
sâmbătă, duminică			tarif redus

⇒ *accesul la baza de date;*
⇒ *semnalizarea erorilor.*

♦ **Criterii economico-sociale**

Printre criteriile importante se găseşte şi cel economico-social. Studiat din punctul de vedere al implicaţiilor economice, proiectul comportă două analize, funcţie de perspectiva din care este privit.

O primă analiză se poate efectua din perspectiva furnizorului de energie electrică, deci a Filialei de Reţele Electrice. În acest caz ar fi ideal dacă s-ar putea convinge consumatorii, cel puţin o parte a lor, să consume energie în perioadele de gol de sarcină. Sistemul permite înregistrarea consumului pe patru paliere temporale diferite.

Ţinând cont de aceste aspecte se conturează deja câteva criterii economice ce trebuie avute în vedere pe mai departe, şi anume:

- în ce măsură sistemul SEMIRAMIS, de contorizare pe paliere, satisface cerinţele producătorului de aplicare a tarifelor diferenţiale ?
- se observă vreo modificare în curba de consum după instalarea sistemului ?
- costul sistemului raportat la aceste economii, justifică achiziţionarea sa ?
- staţia centrală de management este dotată cu un calculator HP - 712. Este aceasta o dotare standard justificată complet din punctul de vedere al utilităţii ?

Ştiind că tariful aplicat este variabil funcţie de palierul temporal în care se efectuează consumul, va fi consumatorul interesat într-adevăr de acest lucru ?

Din punctul de vedere al consumatorului, propunem pentru evaluarea pilotului luarea în considerare a următoarelor probleme:

- cum va reacţiona consumatorul la noul mod de taxare ?
- în ce fel este văzută de populaţie apariţia necesităţii de a se deplasa (eventual lunar) la casierii ?

♦ **Criterii legale**

Ieşind din sfera tehnicului şi economico-socialului, elementele "legale" sunt cele care au un rol aparte. Acestea sunt cerute de posibilităţile sistemului de a rezolva o problemă tranzacţională financiară între două părţi angajate printr-un contract comercial: întocmirea facturii de energie măsurată şi tariful aplicat pe baza căruia Compania de Electricitate încasează valoarea energiei consumate de la client.

Aceste tranzacţii intră sub incidenţa protecţiei consumatorilor şi măsurătorile de orice natură, conexe acestora, se supun reglementărilor metrologiei legale române.

Primul criteriu de această natură este avizul metrologic (încadrarea valorilor măsurate în clasa de precizie declarată a aparatului).

Un al doilea criteriu îl reprezintă consecvenţa intervalelor tarifare, care înseamnă respectarea momentelor de timp la care se face comutarea pe tarifele corespunzătoare momentului de timp. Pentru tariful E1, tariful de zi (normal) este cuprins în intervalul 6^{00} - 22^{00}, pentru zilele luni-vineri, iar tariful de noapte (redus) în intervalul 22^{00} - 6^{00}, pentru zilele luni - vineri şi pe tot intervalul zilelor de sâmbătă şi duminică.

Evaluarea sistemului pilot

♦ **Criterii tehnice**

În funcție de modul în care comportarea sistemului în faza de test este conformă cu funcționarea "declarat'" prin funcțiunile sistemului stabilite în aceeași fază, la fiecare criteriu se va încerca acordarea unei note, în sistemul 1-10, care să conducă la obținerea unei medii de notare pentru evaluarea caracteristicilor tehnice ale sistemului. Se vor nota:

- *prelevarea datelor;*
- *siguranța transmisiei;*
- *tipul datelor de consum;*
- *prezentarea rapoartelor de consum;*
- *memorarea datelor;*
- *întocmirea facturii de electricitate;*
- *existența palierelor de consum;*
- *accesul la baza de date;*
- *semnalizarea erorilor;*
- *comutarea tarifelor.*

Media finală pentru criteriile tehnice a fost 9,2.

♦ **Criterii economico-sociale**

Evaluarea raportului cost/beneficiu

Dintre avantajele aduse de sistem menționăm:

• reducerea de personal cititori-încasatori, prin introducerea sistemului SEMIRAMIS de telecitire a contoarelor de joasă tensiune.

Sistemul SEMIRAMIS, în faza de pilot în experimentare la Buftea, cuprinde 196 de clienți casnici. Considerând că unui cititor-încasator îi sunt arondați în medie circa 1400 de clienți la blocuri care trebuie citiți lunar, pentru cei 196 de clienți telecitiți prin sistemul de telecontorizare SEMIRAMIS se obține o reducere de timp de muncă de circa 15 %.

Pentru un orizont de viață al unui sistem informatic de 15 ani (180 luni), cât este durata de funcționare a sistemului SEMIRAMIS, la un salariu mediu al unui cititor-încasator echivalent a 250 $/lună se obține o economie de:

250 x 180 x 15% = 6 750 $;

• creșterea preciziei de măsurare prin înlocuirea vechilor contoare de clasă 2 cu contoare ISEM-60-S de clasă 1; se poate obține o reducere a pierderilor la vânzarea energiei electrice prin creșterea preciziei de măsurare cu 1 % (deși pot exista argumente contrare bazate pe principiul repartiției uniforme a erorilor - și într-un sens și în celălalt).

La un consum mediu lunar, pentru cele 196 de contoare telecitite de aproximativ 30 000 kW repartizate cvasiuniform pe cele două tarife pentru orizontul de viață de 15 ani (180 luni), se obține o reducere de:

30 000 x 180 x 1%= 54 000 kWh.

La un preț mediu pe piața mondială de 0,05 $ se obține o reducere de 2 700 $;

• reducerea intervalului dintre plăți (încasări mai dese pentru RENEL) prin introducerea sistemului SEMIRAMIS, care permite facturarea la intervale mai mici. Aceasta ar avea ca efect reducerea dobânzilor la împrumuturile pe care RENEL le face în contul energiei vândute și neîncasate, pentru refacerea masei monetare necesare cumpărării resurselor energetice primare. Acesta este mai greu de cuantificat și în același timp contracarată prin sistemul anticipațiilor introdus în relația cu clienții;

• o serie de alte avantaje, mai dificil de cuantificat, dar demne de luat în seamă mai ales din punctul de vedere al calității serviciului asigurat:

⇒ reducerea duratei de restabilire a alimentării cu energie în cazul defecțiunilor semnalate prin alarma generată de sistemul SEMIRAMIS "lipsă tensiune de alimentare";

⇒ reducerea duratei de lucru a echipei de intervenție în cazul căderii tensiunii de alimentare a clienților;

⇒ reducerea duratei de nefuncționare a contoarelor și implicit reducerea pierderilor comerciale (a energiei consumate și necontorizate - neîncasate), prin sesizarea lipsei consumului la telecitirea contoarelor din oră în oră;

⇒ reducerea posibilităților de fraudă prin alarma generată de sistem la sesizarea circulației inverse prin contor;

⇒ reducerea energiei neînregistrate de contoarele clasice la sarcini mici. Contoarele ISEM-60-S au curentul de pornire de 60 mA, mult mai mic decât contoarele clasice.

Pe baza acestor ipoteze obținem o economie totală de 6 750 $ + 2 700 $ = 9 450 $.

Costul instalării sistemului pilot Buftea, conform structurii sale, este de 137 420 $.

Printru-un calcul simplu se poate determina ca indicator al eficienței economice a sistemului, timpul de recuperare a investiției:

$$t_n = \frac{\text{costuri}}{\text{economii}} = \frac{137420}{9450} = 14{,}5 \text{ ani}.$$

Desigur, acest calcul este pur "informativ", rezultatele conducând către o investiție nerentabilă.

După părerea noastă, calculul acestui indicator ar trebui refăcut pentru un număr de clienți cât mai mare, până la capacitatea maximă a sistemului la nivel de zeci de mii de clienți. Astfel, ne propunem determinarea acestui indicator investițional în varianta extinsă a sistemului la toți clienții de la blocuri, circa 3 000, ceea ce reprezintă 66 % din totalul de 4 500 de clienți casnici cât cuprinde orașul Buftea.

În aceste condiții, prin reducerea de personal cititori-încasatori și prin creșterea preciziei de măsurare, economiile obținute cresc cu raportul 3000/200 = 15, ajungând la 141 750 $ pentru orizontul de viață de 15 ani.

Corespunzător, costurile cu extinderea sistemului cresc, însă nu în același raport, deoarece o parte, 669 400 $, dintre costuri se plătesc o singură dată.

În cazul sistemului extins timpul de recuperare a investiției devine:

$$t_n = \frac{\text{costuri}}{\text{economii}} = \frac{669400}{141750} = 4{,}7 \text{ ani}.$$

Se poate spune că indicatorul obținut, timpul de recuperare a investiției, de 4,7 ani, este realist, el putând fi îmbunătățit prin extinderea sistemului, cel puțin la nivelul întregului oraș Buftea, investiția devenind astfel mult mai rentabilă.

Se poate deduce de aici ca o concluzie firească că un sistem de acest tip este cu atât mai rentabil cu cât cuprinde un număr mai mare de clienți.

Variatia costului energiei consumate înainte și după instalarea sistemului

Atunci când vorbim de instalarea noului sistem ne referim la introducerea tarifului E1 pentru consumatorii casnici. Este evident că variația costului, în acest caz, este dependentă foarte mult de tipul de tarif aplicat.

În condițiile facturării energiei consumate alternativ, conform tarifului D, respectiv E1 pentru consumatori casnici, se constată o reducere a costurilor cu energia electrică, respectiv a încasărilor furnizorului, cu 8,3%.

Prin câteva date statistice desprinse din aceste măsurători, la un consum mediu lunar de 141,2 kWh, pe tariful D, reducerea de 8,3% reprezintă 540 lei lunar. Extrapolând la nivel național, la un număr de aproximativ 7 000 000 clienți casnici se obține o reducere cu 3,78 miliarde lei lunar, respectiv 45,36 lei miliarde lei anual. Aceasta nu trebuie considerată o pierdere, deoarece, în cazul unei analize cost-beneficiu pe întreg lanțul producție-transport-distribuție-consum, dezechilibrele de consum duc la costuri mult mai mari la producere, față de beneficiile realizate în cazul unei curbe de sarcină puternic dezechilibrată. Ca atare, pe întreg sistemul energetic, acțiunile de aplatisare a curbei de sarcină sunt cert mai benefice decât creșterea vânzărilor prin consumuri sporite în perioada de vârf de sarcină.

◆ **Criterii legale**

În principal, acestea se referă la obținerea vizei metrologice. Cum problema aceasta se pune numai în cazul contoarelor, iar acestea au avizul Biroului Român de Metrologie Legală cu Marca **RO 028/95**, considerăm că sistemul răspunde acestui criteriu.

Referent: dr. ing. Ion Lungu - GTDEE, București

(Primit la 4 noiembrie 1996, acceptat la 20 ianuarie 1997)

ABORDĂRI NOI ÎN CALCULUL REGIMURILOR TRANZITORII ŞI DINAMICE*

conf. dr. mat. SORIN PĂTRĂŞCOIU **

Articolul prezintă un program nou şi eficient - denumit REDIN - pentru calculul regimurilor tranzitorii şi dinamice ale sistemelor electroenergetice. Programul a fost proiectat pentru a satisface următoarele cerinţe: să fie disponibil pe calculatoare personale, să ofere utilizatorilor posibilitatea studierii regimurilor sistemelor de dimensiuni mari şi să utilizeze pentru ambele regimuri aceleaşi modele de echipamente. Ca urmare REDIN utilizează o bibliotecă flexibilă de modele pentru centralele electrice şi un pas variabil de integrare. Programul a fost scalat şi verificat prin comparare cu alte astfel de instrumente. Cel mai mare sistem analizat cu REDIN este format din 711 noduri, 46 generatoare şi 876 laturi.

The paper presents a new efficient software tool - called REDIN - for power systems transient and dynamic regimes computing. The programme was designed in order to reach the following requirments: to be available on PCs, to offer to the users the possibility to study the regimes of very large scale power systems and to use for both regimes the same models of the equipments. As consequence, REDIN use flexible power plants models and a variable integration step size. The programme was scaled and verified by comparaison with other such tools. The biggest power system analysed with REDIN was a 711 nodes/46 generator/876 branches.

Descriptori: sisteme electroenergetice, regim dinamic

Introducere

În calculul regimurilor tranzitorii şi dinamice ale sistemelor electroenergetice de mari dimensiuni apar următoarele probleme privind implementarea metodelor de calcul alese:

1. Numărul mare de ecuaţii algebrice şi diferenţiale care trebuie rezolvate poate conduce la depăşirea memoriei disponibile a calculatorului. Rezolvarea acestei probleme se poate face prin divizarea problemei de rezolvat în subprobleme specifice unei entităţi bine definte din sistem (reţea, centrale electrice etc.); soluţiile subproblemelor se influenţează reciproc prin seturi de mărimi caracteristice, stabilite prin modelul matematic.

2. Într-un program eficient de calcul al regimurilor tranzitorii şi dinamice, complexitatea modelelor folosite pentru echipamente trebuie să fie corelată cu regimul calculat, în aşa fel încât modelul să poată reda corect comportarea echipamentului fără a fi efectuate calcule nerelevante. Această problemă poate fi rezolvată în două moduri:

- prin adoptarea unor modele diferite pentru echipamente pe timpul regimului tranzitoriu, respectiv regimului dinamic. O astfel de abordare conduce la economii mari de memorie şi timp de calcul, permiţând şi folosirea unor paşi de integrare deferiţi, însă necesită o atenţie deosebită la alegerea momentului de timp la care se trece de la un tip de regim la altul;
- prin utilizarea unor modele unice pentru cele două regimuri în condiţiile în care se foloseşte un pas de integrare variabil (mai mic în cazul regimului tranzitoriu şi mai mare pentru calculul regimului dinamic). Variaţia pasului de integrare se calculează automat, funcţie de evoluţia regimului.

Pornind de la aceste consideraţii a fost dezvoltat un program, denumit REDIN, care calculează regimurile tranzitorii şi dinamice printr-o metodă pas cu pas. Programul a fost dezvoltat pentru calculatoarele personale compatibile IBM, putând fi executat sub sistemul de operare MS-DOS. Proiectarea programului s-a făcut astfel încât:

I - algoritmul utilizat să permită studiul unor reţele de dimensiuni cât mai mari;

II - metoda de integrare să fie uşor de aplicat şi să nu necesite un volum mare de memorie;

* Lucrare prezentată la masa rotundă "Teoria reţelelor. Concepte noi", Bucureşti, 11 noiembrie 1996.

** Facultatea de Energetică, Universitatea Politehnică Bucureşti

III - să fie minimizat timpul de calcul necesar simulării unei unităţi de timp real;

IV - programul să permită calculul regimurilor dinamice până la timpi de simulare de ordinul miilor de secunde;

V - să fie utilizate cât mai multe dintre subrutinele dezvoltate la calculul regimului permanent.

2. Metoda de calcul utilizată de programul REDIN

Modelul matematic format pentru calculul regimurilor tranzitorii şi dinamic este format din:

- sistemul de ecuaţii algebrice care simulează comportarea *reţelei de transport;*
- sistemele de ecuaţii algebrice şi diferenţiale care simulează comportarea echipamentelor din *centralele electrice,*

şi poate fi pus sub forma:

$$\begin{cases} A\dfrac{d(VI)}{dt} = B(VI, VN) \\ 0 = C(VI, VN) \end{cases} \tag{1}$$

unde:

A este o matrice diagonală;

VI, VN - vectorii variabilelor inerţiale, respectiv neinerţiale;

B, C - funcţii (sau matrice de funcţii) de variabile inerţiale şi neinerţiale.

Pentru rezolvarea sistemului (1) în programul REDIN a fost aplicată o metodă care îmbină avantajele metodelor *simultană şi partiţională* [2, 3].

Evoluţia variabilelor pe durata unui pas de calcul se prezintă în figura 1.

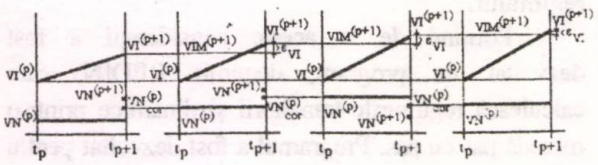


Fig.1. Evoluţia variabilelor inerţiale (VI) şi a variabilelor neinerţiale (VN) pe durata unui pas de calcul "p".

3. Metoda de rezolvare a sistemului de ecuaţii specific reţelei de transport

Sistemul de ecuaţii specific reţelei de transport cu M noduri este un sistem de ecuaţii algebrice obţinut prin scrierea bilanţurilor puterilor active şi reactive nodale:

$$\begin{cases} P_{gi} - P_{ci} - P_i = 0 \\ Q_{gi} - Q_{ci} - Q_i = 0 \end{cases}^{(\forall) \in M} \tag{2}$$

unde $(P_{gi},\ Q_{gi})$, $(P_{ci},\ Q_{ci})$ şi $(P_i,\ Q_i)$ sunt puterile active şi reactive generate, respectiv consumate şi injectate în reţea la nodul i;

Puterile generate se deduc în funcţie de modelul utilizat; de exemplu pentru modelul Olive se obţin relaţiile [3]:

$$\begin{cases} P_{gi} = \dfrac{E''_{qi}U_i}{X''_{di}}\sin(\delta_i - \theta_i) - \dfrac{E'_{di}U_i}{X'_{qi}}\cos(\delta_i - \theta_i) + \\ \quad + \dfrac{U_i^2}{2}\left(\dfrac{1}{X'_{qi}} - \dfrac{1}{X''_{di}}\right)\sin^2(\delta_i - \theta_i) \\ Q_{gi} = \dfrac{E''_{qi}U_i}{X''_{di}}\cos(\delta_i - \theta_i) - \dfrac{E'_{di}U_i}{X'_{qi}}\sin(\delta_i - \theta_i) - \\ \quad - \dfrac{U_i^2}{X''_{di}}\cos^2(\delta_i - \theta_i) - \dfrac{U_i^2}{X'_{qi}}\sin^2(\delta_i - \theta_i) \end{cases} \tag{3}$$

unde variabilele utilizate au semnificaţia general întâlnită în literatură.

Puterile consumate într-un nod se exprimă cu relaţiile [3]:

$$\begin{cases} P(f,U) = A\left(\dfrac{f}{f_{nom}}\right)^{\alpha_f}\left(\dfrac{U}{U_{nom}}\right)^{\alpha_U} \\ Q(f,U) = B\left(\dfrac{f}{f_{nom}}\right)^{\beta_f}\left(\dfrac{U}{U_{nom}}\right)^{\beta_U} \end{cases} \tag{4}$$

unde A şi B sunt mărimi ce se calculează cu relaţiile (4) funcţie de rezultatele de regim permanent, iar. $\alpha_f, \alpha_U, \beta_f, \beta_U$ sunt coeficienţi ce depind de natura consumatorului (de obicei se periau din literatură).

Puterile nodale se caracterizează cu relaţiile [3]:

$$\begin{cases} P_i = Re\left(\underline{U}_i \sum\limits_{k \in A_i \cup i} \underline{Y}^*_{ik}\underline{U}_k\right) = G_{ii}U_i^2 + U_i \sum\limits_{k \in A_i} GG_{ik}U_k \\ Q_i = Im\left(\underline{U}_i \sum\limits_{k \in A_i \cup i} \underline{Y}^*_{ik}\underline{U}_k\right) = -B_{ii}U_i^2 - U_i \sum\limits_{k \in A_i} BB_{ik}U_k \end{cases} \tag{5}$$

unde A_i este mulţimea nodurilor adiacente cu nodul *i.*

Necunoscutele sistemului (2) sunt modelele şi argumentele tensiunilor nodale. Pentru

rezolvarea sistemului se aplică o metodă Newton-Raphson clasică, în care pentru toate nodurile se consideră U şi θ variabile (deci toate nodurile se tratează ca nodurile PQ din regimul permanent).

Se obţine sistemul liniarizat [3]:

$$\begin{cases} \left(P_{gi}-P_{ci}-P_i\right)^{(p)} = \left(\dfrac{\partial P_{ci}}{\partial U_i}-\dfrac{\partial P_{gi}}{\partial U_i}\right)^{(p)}\Delta U_i^{(p+1)} + \\ +\left(\dfrac{\partial P_{ci}}{\partial \theta_i}-\dfrac{\partial P_{gi}}{\partial \theta_i}\right)^{(p)}\Delta\theta_i^{(p+1)} + \sum\limits_{k\in A_i}\dfrac{\partial P_i}{\partial U_k}\Delta U_k^{(p+1)} + \\ +\sum\limits_{k\in A_i}\dfrac{\partial P_i}{\partial U_k}\Delta\theta_k^{(p+1)} \\ \left(Q_{gi}-Q_{ci}-Q_i\right)^{(p)} = \left(\dfrac{\partial Q_{ci}}{\partial U_i}-\dfrac{\partial Q_{gi}}{\partial U_i}\right)^{(p)}\Delta U_i^{(p+1)} + \\ +\left(\dfrac{\partial Q_{ci}}{\partial \theta_i}-\dfrac{\partial Q_{gi}}{\partial \theta_i}\right)^{(p)}\Delta\theta_i^{(p+1)} + \sum\limits_{k\in A_i}\dfrac{\partial Q_i}{\partial U_k}\Delta U_k^{(p+1)} + \\ +\sum\limits_{k\in A_i}\dfrac{\partial Q_i}{\partial \theta_k}\Delta\theta_k^{(p+1)} \end{cases} \quad (6)$$

Prin rezolvarea sistemului (6) se află valorile $\Delta\theta_i^{(p+1)}$, $\Delta U_k^{(p+1)}$, $i\in N$; se calculează apoi noile valori ale modulelor şi argumentelor tensiunilor nodale:

$$\begin{cases} U_i^{(p+1)} = U_i^{(p)} + \Delta U_i^{(p+1)} \\ \theta_i^{(p+1)} = \theta_i^{(p)} + \Delta\theta_i^{(p+1)} \end{cases}^{\forall i\in M} \quad (7)$$

4. Metoda de rezolvare a sistemelor de ecuaţii specifice centralelor electrice

Sistemele de ecuaţii specifice centralelor electrice se formează prin alipirea şi interconectarea sistemelor de ecuaţii specifice echipamentelor componente. În programul REDIN această operaţie se face în mod automat prin alocarea memoriei necesare şi completarea structurilor de date specifice. Se poate obţine un sistem a cărui matrice de coeficienţi are o structură de tipul celei din figura 2.

Sistemele de ecuaţii specifice fiecărui echipament în parte nu sunt întotdeauna structural simetrice. Pentru a putea aplica o metodă similară cu cea folosită la calculul regimului reţelei de

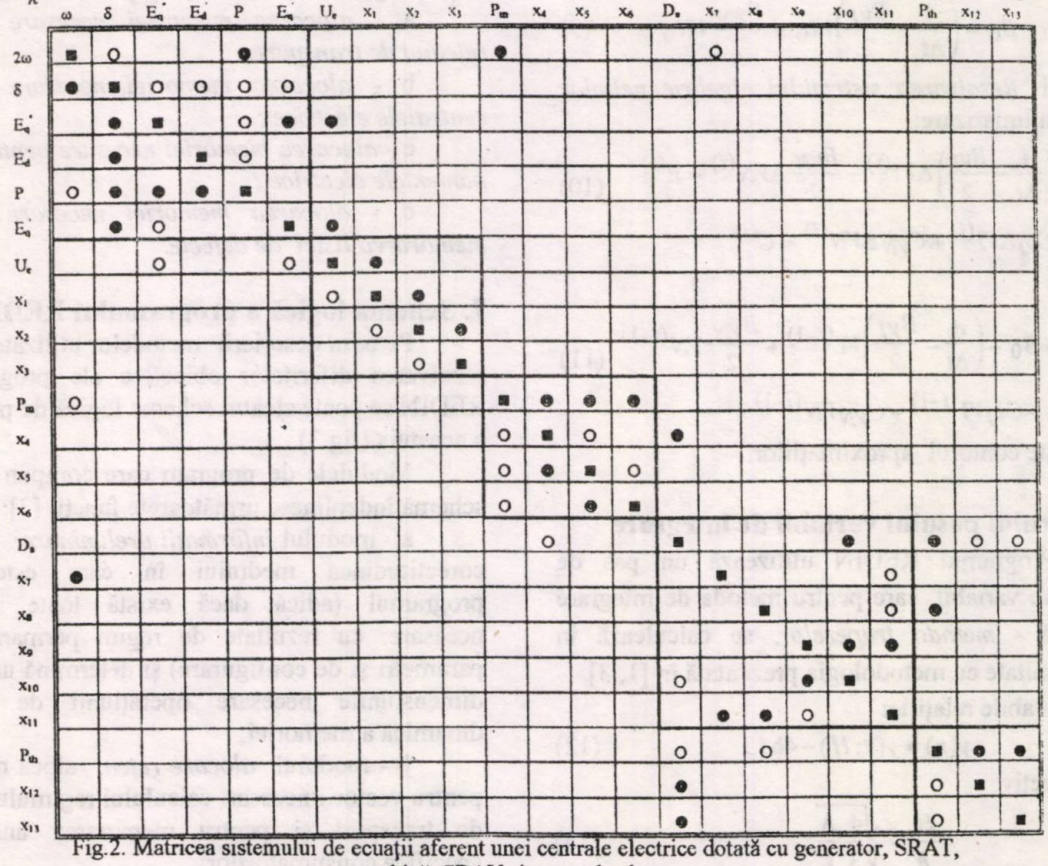


Fig.2. Matricea sistemului de ecuaţii aferent unei centrale electrice dotată cu generator, SRAT, turbină, SRAV şi cazan de abur.

transport este necesar ca aceste sisteme să fie simetrice din punct de vedere structural. Simetrizarea a fost realizată astfel: atunci când există elementul *i-j* de valoare nenulă (simbolizat cu ◎) iar elementul *j - i* nu există, se introduce un element *j - i* de valoare nulă (simbolizat cu O). O astfel de rezolvare conduce, desigur, la o creştere a timpului de calcul, dar are avantajul expus mai sus.

Rezolvarea sistemului astfel obţinut se face în două mari etape [2]:

I. *Integrarea ecuaţiilor diferenţiale* din sistemul (1) folosind metoda trapezelor:

$$\begin{cases}\left(\frac{A}{\Delta t}-\frac{B_{VI}}{2}\right)VI-\frac{B_{VN}}{2}VN=B_0\\ C_{VI}VI+C_{VN}VN=0\end{cases} \quad (8)$$

unde:

VI_0, VN_0 sunt valorile de la începutul pasului de integrare:

B_{VI}, B_{VN} - submatricele corespunzătoare VI, respectiv VN din matrice B;

C_{VI}, C_{VN} - submatricele corespunzătoare VI, respectiv VN din matricea C;

B_0 - termenul liber obţinut în urma integrării:

$$B_0=\left(\frac{A}{\Delta t}+\frac{B_{VI}}{2}\right)VI_0+\frac{B_{VN}}{2}VN_0 \quad (9)$$

II. *Rezolvarea sistemului algebric neliniar* (8) prin liniarizare:

$$\begin{cases}\left(\frac{A}{\Delta t}-\frac{B_{VI}}{2}\right)\Delta VI^{(i)}-\frac{B_{VN}}{2}\Delta VN^{(i)}=B^{(i)}\\ C_{VI}\Delta VI^{(i)}+C_{VN}\Delta VN^{(i)}=C^{(i)}\end{cases} \quad (10)$$

unde:

$$\begin{cases}B^{(i)}=B_0-\left(\frac{A}{\Delta t}-\frac{B_{VI}}{2}\right)VI^{(i-1)}+\frac{B_{VN}}{2}VN^{(i-1)}\\ C^{(i)}=-C_{VI}VI^{(i-1)}-C_{VN}VN^{(i-1)}\end{cases} \quad (11)$$

iar i este contorul aproximaţiilor.

5. Calculul pasului variabil de integrare

Programul REDIN utilizează un pas de integrare variabil, care pentru metoda de integrare aplicată - *metoda trapezelor,* se calculează în conformitate cu metodologia prezentată în [1, 3]. Sunt valabile relaţiile:

$$y(x)=y(x;H)-4\delta/3 \quad (12)$$

şi respectiv:

$$\frac{H}{h}=\sqrt[3]{\frac{4}{3}\frac{\Delta}{\varepsilon}}, \quad (13)$$

unde:

ε este eroarea admisibilă impusă de către proiectantul algoritmului;

Δ - modulul diferenţei dintre valorile funcţiei y obţinute cu paşi de integrare diferiţi:

$$\Delta=\left|y(x;H)-y(x;H/2)\right| \quad (14)$$

Implementarea algoritmului de calcul al pasului de integrare a fost realizată în două variante:

- *varianta optimistă:* faţă de pasul de integrare curent H, se alege un pas de integrare dublu *2 H* şi se verifică condiţiile de încadrare a erorii calculate:
- *varianta prudentă:* faţă de pasul de integrare curent H, se alege un pas de integrare pe jumătate H/2 şi se verifică condiţiile de încadrare a erorii calculate.

6. Alocarea şi dealocarea memoriei

Alocarea sau dealocarea memoriei se face în mod dinamic atât la începutul/sfârşitul programului de calcul (pentru variabilele de interes general), cât şi în interiorul acestuia (pentru variabilele de lucru), [3]. Pentru alocarea memoriei se parcurg următoarele etape [3]:

a - *alocarea memoriei necesare pentru reţeaua de transport ;*

b - *alocarea memoriei necesare pentru centralele electrice ;*

c - *alocarea memoriei necesare pentru echipamentele electrice ;*

d - *alocarea memoriei necesare pentru memorarea listei de defecte.*

7. Schema logică a programului REDIN

Pe baza descrierii metodelor utilizate pentru rezolvarea diferitelor obiective ale programului REDIN se poate alcătui schema logică de principiu a acestuia (fig.3).

Modulele de program care compun această schemă îndeplinesc următoarele funcţii [3]:

a - modulul *informaţii preliminare:* verifică corectitudinea mediului în care este rulat programul (adică dacă există toate fişierele necesare: cu rezultate de regim permanent, cu parametri şi de configurare) şi determină unele din dimensiunile necesare operaţiunii de alocare dinamică a memoriei;

b - modulul *alocare reţea:* alocă memorie pentru vectorii necesari calculului regimului reţelei de transport şi pentru memorarea unor date specifice consumatorilor;

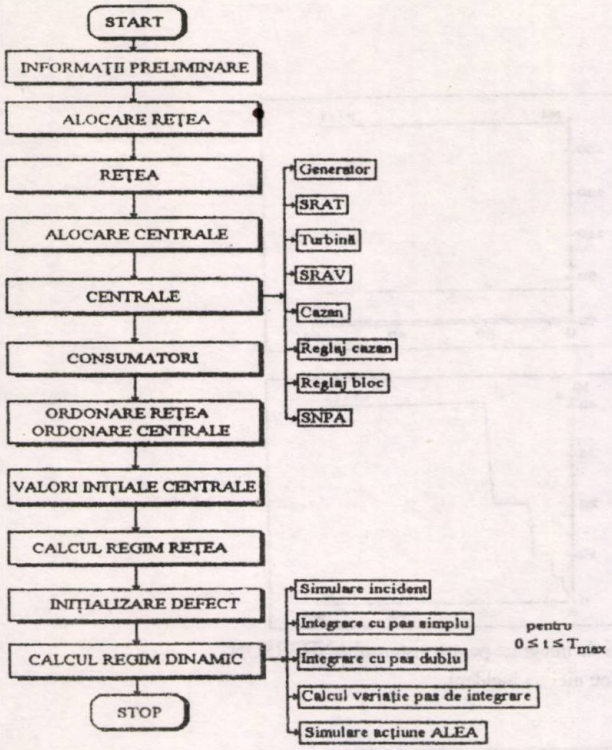


Fig.3. Schema logică de principiu a programului REDIN.

c - modulul *Reţea* : citeşte fişierele de laturi şi de noduri, precum şi fişierele de rezultate ale regimului permanent şi completează vectorii de structură şi vectorii cu valori specifici reţelei;

d - modulul *Alocare centrale:* alocă memorie pentru vectorii necesari memorării SE_DA;

e - modulul *Centrale:* în funcţie de configuraţia centralei stabileşte structura SE_DA specifică fiecărei centrale şi completează vectorii alocaţi la punctul *d* , prin apelarea unor submodule dezvoltate pentru fiecare echipament în parte (generator, SRAT, turbină, SRAV, cazan, reglaj cazan, reglaj bloc, SNPA);

f - modulul *Consumatori:* completează vectorii alocaţi la punctul b;

g - modulul *Ordonare reţea, ordonare centrale:* stabileşte ordinea de eliminare a variabilelor în SE_A, respectiv în SE_D&A;

h - modulul *Valori iniţiale centrale:* în funcţie de rezultatele regimului permanent şi de configuraţia fiecărei centrale în parte, calculează valorile iniţiale ale VI şi VN;

i - modulul *Calcul regim reţea:* calculează valorile VN specifice reţelei de transport la t = 0+;

j - modulul *Iniţializare defect:* stabileşte lista incidentelor simple;

k - modulul *Calcul regim dinamic:* calculează regimul dinamic propriu-zis aplicând metodele prezentate în paragrafele anterioare.

8. Verificarea algoritmului programului REDIN

Pentru a verifica algoritmul programului REDIN pentru mai multe sisteme electroenergetice folosite pentru testare, preluate din [3, 4, 5], s-a procedat la verificarea următoarelor aspecte:

A. Prin compararea rezultatelor obţinute de programul REDIN rulat numai până la modulul *Iniţializare defect* al schemei logice din figura 3 cu rezultatele regimului permanent s-au verificat:

- modul de preluare a datelor de reţea din fişierele cu date topologice iniţiale şi din fişierele de rezultate ale programului de regim permanent;
- modul de formare a vectorilor de valori şi de structură afereţi reţelei;
- modul de rezolvare a sistemului (2).

B. Prin două metode distincte (o metodă logică şi o metodă comparativă) s-au verificat:

- modul de formare a vectorilor de valori şi de structură aferenţi fiecărei centrale electrice;
- modul de rezolvare a sistemului de ecuaţii (1);
- metoda de calcul al regimului tranzitoriu prezentată la pct. 2.

În cadrul *metodei logice* verificarea se face pornind de la faptul că rezultatele calculului regimului tranzitoriu trebuie să fie identice cu cele de regim permanent în cazul în care scenariul de derulare a regimului tranzitoriu nu include nici un incident. Într-un astfel de caz pasul de integrare trebuie să crească nelimitat (teoretic). În figura 4 sunt prezentate, pentru ipoteza de mai sus, evoluţiile câtorva mărimi şi evoluţia pasului de integrare pentru sistemul de testare preluat din [4] pentru un timp total de calcul de 60 s. Se observă că mărimile reprezentate δ, P şi E_q'' sunt constate în raport cu timpul, iar pasul de integrare creşte pe acest interval de la 0,001 s la 4,08 s. Din încercările făcute s-a observat că nu se poate conta pe o creştere nelimitată a pasului de integrare, ci se ajunge la o "saturare" a acestuia; în cazul în care această valoare este menţinută un interval de timp suficient de mare regimul astfel calculat poate deveni brusc instabil. Acest rezultat se poate justifica prin următoarele argumente:

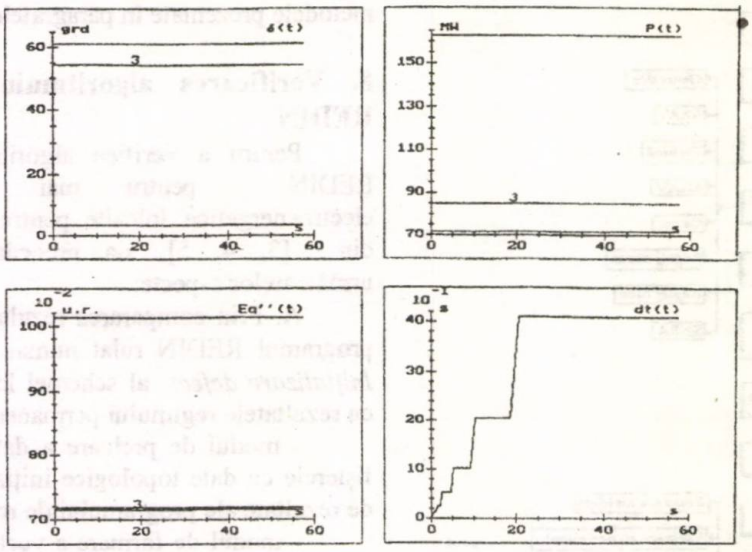
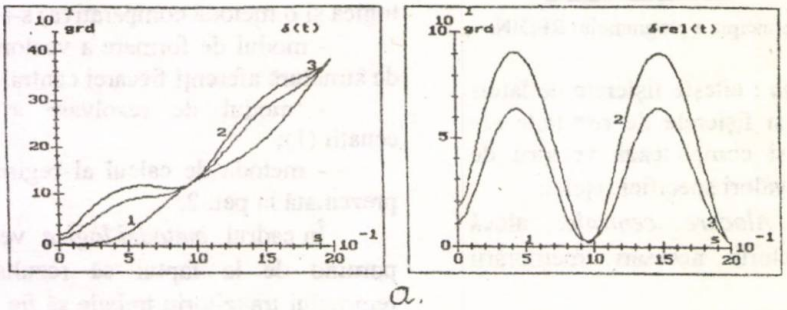
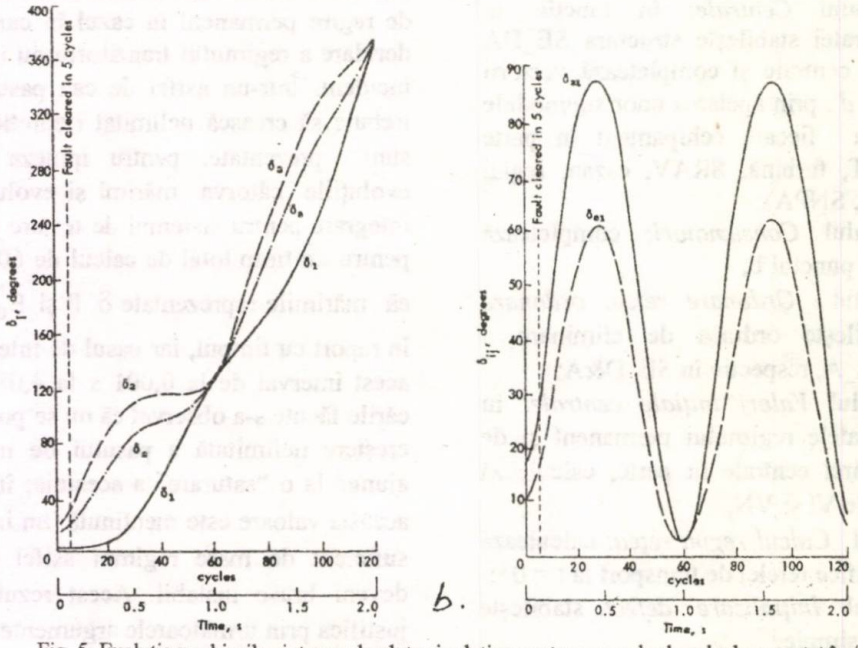


Fig. 4. Evoluţia variabilelor δ, P, E_q* şi a pasului de integrare pentru sistemul ANDERSON în cazul în care nu are loc nici un incident.



a.



b.

Fig. 5. Evoluţia unghiurilor interne absolute şi relative pentru exemplu de calcul prezentat în /4/,
a) Programul REDIN; b) Referinţa /4/.

• metoda de integrare folosită - metoda trapezelor - introduce erori mari pentru paşi de integrare mari datorită ordinului său redus (ordinul doi - vezi [3]);

• se poate ajunge la situaţii în care pasul de integrare să fie mult mai mare decât cea mai mare dintre constantele de timp ale echipamentelor modelate.

Metoda comparativă de verificare a fost dezvoltată pornind de la rezultatele unui exemplu de calcul prezentat în [4]. Acelaşi exemplu a fost refăcut cu programul REDIN. Comparând figurile 5 *a* şi 5 *b* se poate observa o apropiere bună. Această comparaţie oferă garanţii privind metoda şi algoritmul folosite în programul REDIN. Este de menţionat faptul că figurile 5 b au fost obţinute printr-un procedeu de scanare din referinţa [4].

9. Concluzii privind rezultatele obţinute

Analizând rezultatele prezentate în paragrafele anterioare, precum şi alte rezultate obţinute, dar care nu s-au prezentat în cadrul acestei lucrări, se pot trage următoarele concluzii:

a) Metoda de calcul şi algoritmul programului REDIN au îndeplinit testele de verificare impuse.

b) Completarea algoritmului REDIN cu un modul de calcul al pasului de integrare conduce la stabilirea unor valori corelate ale acestuia cu eroarea care se admite la integrare. Din studiile realizate s-a observat că metoda aleasă pentru a modifica pasul este foarte sensibilă la tendinţele de scădere a acestuia (adică pe perioada de regim tranzitoriu) şi mai puţin sensibilă la tendinţele de creştere (adică pe perioadele de regim dinamic pe termen mediu şi lung).

c) Pentru un scenariu dat, comportarea unui sistem depinde în mod esenţial de:

• *luarea în considerare a cât mai multor echipamente la formarea modelului de sistem.* Din testele efectuate s-a observat influenţa decisivă asupra evoluţiei regimului analizat a modelării corecte a unor echipamente (de exemplu,modelarea reglajului de frecvenţă, a automatizărilor pentru limitarea extinderii avariilor şi a consumatorilor);

• *modelarea echipamentelor componente şi parametrii selectaţi pentru aceste modele.* Considerarea diferitelor modele conduce la diferenţe semnificative în comportamentul unui echipament mai ales pe perioada regimului tranzitoriu.

d) Analizând comportarea echipamentelor din centralele electrice s-a observat o bună corespondenţă între rezultatele comunicate în literatură (vezi [3, 4, 5]) şi cele obţinute cu REDIN privind intervalul de timp pentru care un anumit echipament devine semnificativ pentru evoluţia regimului tranzitoriu sau dinamic.

e) Cuantificând efectele automatizărilor modelate se poate desprinde necesitatea considerării automatizărilor pentru limitarea extinderii avariilor în modelele sistemelor energetice analizate pentru o evaluare corectă a evoluţiei regimurilor tranzitorii şi dinamice sau pentru analiza posibilităţilor de revenire a sistemului la o stare normală de funcţionare.

f) Datorită diversificării posibilităţilor privind modelarea echipamentelor oferită de către programul REDIN nu se poate da o indicaţie exactă privind dimensiunile sistemelor care pot fi analizate cu acest program. Aşa cum s-a arătat la pct. 4 , modelul matematic al unei centrale poate conţine între două şi 100 de ecuaţii; astfel de consideraţii pot fi făcute şi în legătură cu modelarea automatizărilor de sistem sau cu modelarea consumatorilor.

BIBLIOGRAFIE

[1] Stoer, J., Bulirsch, R. *Introduction to Numerical Analysis,* Springer-Verlag, New-York, 1980.

[2] Ionescu, S., Tetelbaum, V. *Procedee de calcul în programul ARTEMIS pentru analiza regimurilor tranzitorii pe termen mediu.* In: Energetica, nr.7, iulie 1985.

[3] Pătrăşcoiu, S. *Soluţii perfecţionate pentru automatica şi protecţiile destinate prevenirii şi limitării efectelor avariilor extinse din sistemele electroenergetice.* Teză de Doctorat, UPB, 1994.

[4] Anderson, P.M., Fouad, A.A. *Power System Control and Stability.* The Iowa State University Press, Iowa, U.S.A., 1997

[5] * * * *Manual de utilizare a programului FAST,* Centrul de calcul al ISPE, 1973.

[6] Pătrăşcoiu, S., Potolea, E, Bostan, V. *Dezvoltarea programelor pentru analiza regimurilor de funcţionare ale sistemelor electroenergetice.* In: Energetica nr. 6B, noiembrie/decembrie 1994.

Referent: dr. ing. Marius Pomârleanu - GSCI - Centrul de Cercetare

(Primit la 22 aprilie 1996, acceptat la 24 februarie 1997)

SOLUŢII DE ILUMINAT PUBLIC EFICIENT ÎN DEVA, ROMÂNIA*

ing. CAMELIA BURLACU, ing. MIHAELA GUŞĂ **

În cadrul proiectului "Eficienţa energiei 2000", s-au stabilit zone demonstrative de eficienţă a energiei" , care urmează să fie studiate.

În România a fost aleasă zona municipiului Deva, printre elementele analizate fiind şi iluminatul public.

Lucrarea de faţă prezintă :

- *o analiză a sistemului de iluminat public din Deva ;*
- *câteva soluţii pentru îmbunătăţirea eficienţei utilizării energiei în cadrul sistemului de iluminat public din Deva.*

Within the "Energy Efficiency 2000" project there have been established several energy efficiency demons trative areas that are to be analysed.

The telected area in Romania was the one of the Deva municiiality.

One the aspects that us to be enomined is the one relating to the public lighting

The paper presents:

- *on analysis of the Deva public lighting system;*
- *some solutions for improvving the efficiency of electric power comsumption in the Deva - public lighting sustem.*

Descriptori: iluminat public, lampă, corp de iluminat, eficienţa utilizării energiei, România

Introducere

ONU a iniţiat proiectul "Eficienţa energiei 2000", în cadrul căuia au fost stabilite "Zone demonstrative de eficienţă a energiei". România s-a angajat să amenajeze "Zona demonstrativă de eficienţă energetică Deva", coordonarea lucrărilor realizându-se de către Ministerul Industriilor şi RENEL.

Printre acţiunile avute în vedere se numără şi realizarea unor zone demonstrative de iluminat public eficient în municipiul Deva, scopul fiind stabilirea unor soluţii moderne pentru sistemul de iluminat public în vederea :

- îmbunătăţirii calităţii iluminatului prin obţinerea unor parametri luminotehnici la nivelul Recomandărilor CIE ;
- reducerii consumului de electricitate, prin utilizarea unor echipamente cu eficienţă mărită.

Aceasta în condiţiile în care, în ţările dezvoltate, iluminatul public este tratat cu o deosebită atenţie, datorită implicaţiilor sale de natură economico-socială.

* Lucrarea prezentată la masa rotundă "Creşterea eficienţei de utilizare a energiei electrice şi termice. Tehnologii electrice de utilizare a energiei", Bucureşti, decembrie 1996.

** GSCI - Centrul de Studii

Generalităţi privind sistemul de iluminat public existent în prezent în Deva

În Deva, din totalul celor 108,4 km de drumuri publice, circa 98,3 km sunt iluminaţi artificial, ceea ce reprezintă aproximativ 90,6 % din total.

Principalele elemente componente ale sistemului de iluminat public existent în prezent în Deva sunt de următoarele tipuri :

* lămpi :

➢ cu descărcări în vapori de mercur de înaltă presiune (250 W),

➢ cu descărcări în vapori de sodiu de înaltă presiune (250 W),

produse de LUXTEN România (majoritatea), TUNGSRAM Ungaria (câteva) ;

* balasturi şi ignitere aferente lămpilor menţionate, produse de LUXTEN România ;

* corpuri de iluminat tip PVB - 7A şi PVB - 7B, produse de ELBA România ;

* stâlpi metalici sau din beton centrifugat, având 9 m înălţime ;

* conductoare electrice (în reţea subterană) tip ACYAbY (conductoare de aluminiu, izolaţie şi înveliş exterior din PVC,

cu armătura din bandă de oţel), cea mai utilizată variantă constructivă fiind 3 x 50 + 25 ;

* comanda iluminatului : centralizat (din punctul de comandă aflat la dispecer, cu ajutorul dispozitivului FRIL-1, impulsul transmiţându-se în cascadă, în general prin intermediul unui conductor separat, numit "fir pilot".

Stabilirea zonelor reprezentative pentru realizarea unui iluminat public eficient

În urma discuţiilor purtate cu factorii competenţi de la FRE, Primarie şi Institutul de Proiectări din Deva, au fost stabilite patru zone reprezentative (de interes local) în vederea amenajării zonei demonstrative de iluminat public.

Lucrarea de faţă prezintă una dintre aceste zone :

B-dul 1 Decembrie (între str. Avram Iancu şi Piaţa Unirii).

Principalele caracteristici ale acestei zone sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Caracteristica zonei						
Lungime [m]	Lăţime [m]	Număr de sensuri	Număr de benzi pe sens	Dispunere sistem de iluminat public	Număr de stâlpi	Distanţa între stâlpi [m]
285	8	2	1	unilaterală	14	22,5

Se observă următoarele aspecte :

- a fost avut în vedere un drum public urban iluminat artificial, cu o lungime de 285 m şi lăţimea 8 m, ceea ce reprezintă o suprafaţă de carosabil de 2280 m^2 ;
- dispunerea sistemului de iluminat public este unilaterală.

Variante de echipament modern considerate

Lămpile cu descărcări în vapori de sodiu de înaltă presiune au eficacitatea luminoasă (lm / W) de circa două ori mai mare faţă de cea a lămpilor corespunzătoare cu descărcări în vapori de mercur de înaltă presiune. Din acest motiv şi din considerente ecologice, au fost alese, pentru efectuarea calculului luminotehnic, lămpile cu descărcări în vapori de sodiu de înaltă presiune.

De asemenea, deoarece varianta tubulară emite un flux luminos cu circa 20 % mai mare faţă de varianta ovoidală de aceeaşi putere, în calcule au fost considerate caracteristicile lămpilor tubulare cu descărcări în vapori de sodiu de înaltă presiune.

Ţinând cont de performanţele produselor, au fost analizate următoarele variante:

☑ varianta # 1 : echipament PHILIPS (Olanda) :

- lămpi tip SON-T+ 150;
- corpuri de iluminat tip SGS 102/ 150 T;

☑ varianta # 2 : echipament LUXTEN & ELBA (România) :

- lampi LUXTEN tip LPN-T 250 ;
- corpuri de iluminat ELBA tip PVSB-12B;

☑ varianta # 3 : echipament TUNGSRAM (Ungaria) :

- lampi TUNGSRAM tip TC 150;
- corpuri de iluminat TUNGSRAM-Schréder tip Z2N / 150.

Programe de calcul (software) utilizate

Pentru calculul luminotehnic al variantelor propuse au fost utilizate programe de calcul (software) elaborate de :

- ♦ PHILIPS - pentru varianta # 1;
- ♦ GSCI - CSE (autorii prezentei lucrări) - pentru varianta # 2;
- ♦ TUNGSRAM - pentru varianta # 3.

Rezultate obţinute în urma calculului luminotehnic

Calculul luminotehnic efectuat a urmărit determinarea valorilor principalelor caracteristici luminotehnice obţinute cu variantele de sistemul de iluminat considerat :

✓ luminanţa medie, L_{med};

✓ factorul general de uniformitate a luminanţei, U_o;

✓ factorul logitudinal de uniformitate a luminanţei pentru bandă :

◊ de pe un sens, U_{l1};

◊ de pe celalalt sens, U_{l2} .

Rezultatele sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Simbol caracteristica luminotehnică	UM	CIE*	Valoare medie calculată		
			Varianta # 1	Varianta # 2	Varianta # 3
L_{med}	cd/m^2	1,00	1,70	1,79	1,40
U_o	-	0,40	0,54	0,62	0,73
U_{l1}	-	0,50	0,83	0,68	0,77
U_{l2}	-	0,50	0,85	0,46	0,67

Notă :* - valoare minimă ce trebuie realizată, stabilită în urma discuţiilor purtate cu reprezentanţii Poliţiei municipiului Deva - pe baza încadrării căii rutiere respective în clasificarea conformă cu Recomandările CIE.

Astfel, calea rutieră este de tip :

- C_2, fiind considerată stradă principală, cu trafic important şi mediu înconjurător întunecat (conform [1]) ;

- M_3, fiind considerată cale rutieră urbană, cu trafic important şi control bun al traficului, dat de prezenţa indicatoarelor de semnalizare rutieră şi a semafoarelor (conform [2]).

Observaţie :

Ţinând cont că, în unele zone, există, pe marginea căii rutiere, vegetaţie (arbori) care ar putea înrăutăţi coeficienţii de uniformitate longitudinală, au fost alese variantele de echipament (corpuri de iluminat şi lămpi) care asigură cel puţin o valoare de 0,6 a acestor coeficienţi, în condiţiile lipsei vegetaţiei.

Observaţie generală :

În toate variantele propuse, pe fiecare stâlp s-a considerat un singur corp de iluminat echipat cu o singură lampă.

Caracteristicile generale ale sistemului de iluminat public sunt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3

Caracteristică	Simbol	UM	Valoare
Tip îmbrăcăminte rutieră	-	-	asfalt turnat, după mult timp de serviciu (CIE 4)
Coeficient de luminanţă	q	-	0,08
Înalţime stâlp	H	m	9,0
Înălţime amplasare sursă de lumină	H'	m	9,5
Lungime braţ	B	m	1,1
Unghi de înclinare corp de iluminat faţă de orizontală	T	°	15

Rezultatele prezentate în tabelul 2 au fost obţinute cu echipamentele prezentate în tabelul 4.

Tabelul 4

Tip echipament					
Lampă			Corp de iluminat (inclusiv balast şi igniter)		
Varianta # 1	Varianta # 2	Varianta # 3	Varianta # 1	Varianta # 2	Varianta # 3
SON-T+ 150	LPN-T 250	TC 150	SGS 102 / 150T	PVSB-12B	Z 2N / 150

În tabelul 5 sunt prezentate cheltuielile totale, reprezentând investiţia în echipament şi lucrări de montaj, pentru variantele analizate.

Notă : Valorile respective sunt cele corespunzătoare începutului anului 1996 (1 US$ = 3200 lei).

Tabelul 5

Cheltuieli totale [US$]		
Varianta # 1	Varianta # 2	Varianta # 3
2800	2900	3400

Stabilirea soluţiei optime

Soluţia optimă s-a stabilit în condiţiile îndeplinirii simultane a următoarelor cerinţe :

- ☐ caracteristici luminotehnice la nivelul Recomandărilor CIE,
- ☐ putere instalată (lampi) mică,
- ☐ eficacitate luminoasă (lampi) mare, durata de viaţă (lampi) mare,
- ☐ investiţie totală (lămpi şi corpuri de iluminat) mai mică.

În aceste condiţii, soluţia optimă pentru realizarea unui sistem de iluminat public eficient în zona B-dului 1 Decembrie (între Str. Avram Iancu şi Piaţa Unirii) este cea cu echipament PHILIPS (Olanda) :

- ✓ lămpi PHILIPS tip TC 150 (14 bucăţi);
- ✓ corpuri de iluminat PHILIPS tip Z2N/ 150 (14 bucăţi).

Considerând o durată medie zilnică (pe parcursul anului) de funcţionare a iluminatului public de 10,6 h / zi, datorită puterii instalate mai mici în cazul variantei de echipament PHILIPS (2,1 kW) faţă de varianta ELBA + LUXTEN (3,5 kW), rezultă 5420 kWh / an economie de electricitate ce se poate obţine utilizând, pentru iluminatul public în zona menţionată, echipamente (lămpi şi corpuri de iluminat) PHILIPS.

Concluzii

Iluminatul este de multe ori privit ca unul dintre primii indicatori de dezvoltare, fiind unul dintre principalii factori în funcţie de care oamenii apreciază calitatea vieţii. Deşi în mod obişnuit nu este privit ca esenţial, îmbunătăţirea iluminatului poate transforma stilul de viaţă al unei comunităţi, cu multe rezultate indirecte benefice.

În contextul integrării europene, iluminatul public în România trebuie îmbunătăţit. Mai ales datorită drumurilor ce străbat România şi leagă Europa cu Orientul Apropiat.

Bibliografie

[1] CIE, *Recommendations for the Lighting of Roads for Motorized Traffic*, Publication no.12.2

[2] CIE, *Recommendations for the Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic*, Publication no.115

[3] ELBA, *Corpuri de iluminat pentru exterior*, Catalog 1992

[4] LUXTEN, *Lămpi*, Catalog 1994

[5] PHILIPS, *Compact Lighting Catalogue*, 1995 / 1996

[6] TUNGSRAM, *Lamp Catalogue*, 1994

[7] TUNGSRAM-Schréder, *Luminaires*, 1995

Referent: prof. dr. ing. Cornel Bianchi - Institutul de Construcţii, Bucureşti

(Primit la 29 octombrie 1996, acceptat la 20 ianuarie 1997)

CORECŢIA VALORII COMPONENTEI DIRECTE A ILUMINĂRII LA NIVELUL PLANULUI DE REFERINŢĂ - O NECESITATE A SISTEMELOR DE ILUMINAT INTERIOR FLEXIBILE *

conf. dr. ing. DAN MOROLDO **

Dimensionarea sistemelor de iluminat interior se poate face cu ajutorul calculatorului, obţinând sisteme flexibile care pot fi modelate matematic în timp şi spaţiu.

Dinamica sistemelor de iluminat impune o concepţie nouă despre ansamblul corp de iluminat - incintă, care trebuie să corespundă în timp la condiţii diferite ce se pot realiza numai prin reglarea sistemului optic al corpului de iluminat.

Lucrarea de faţă corespunde acestei cerinţe care este o necesitate actuală.

Computer calculation offers the possibility of obtaining flexible lighting systems which can be modeled in time and space.

The dynamics of lighting systems implies a new idea of connection: luminaire - interior, which must respond in time to the different conditions.

This can be solved only by modifying the optical systems of luminaire.

The paper deals the aspect mentioned above which represents an actual necessity of lighting systems, as well.

Descriptori: iluminat interior

1. Consideraţii generale

Calculul de dimensionare a sistemelor de iluminat interior, realizat prin metode globale, oferă soluţii care se ameliorează din considerente constructive şi estetice.

Din acest motiv se impune ca soluţia obţinută să fie verificată prin metode punctuale (metoda punct cu punct), care definesc teoretic distribuţia componentei directe a iluminării în planul de referinţă.

Metoda punct cu punct se poate aplica analitic sau grafo-analitic; în oricare din cele două modalităţi de lucru se impune recomandarea folosirii calculului automat. Calculul de verificare prin metoda punct cu punct, exemplificat grafic, arată variaţia componentei directe a iluminării într-o evoluţie necontrolată, aşa cum se poate observa din figura 1.

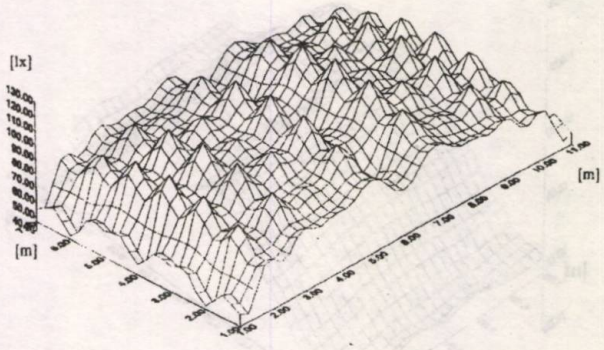


Fig.1. Reprezentarea tridimensională a curbelor de distribuţie a iluminării directe pentru un sistem de iluminat (caz particular).

Corespunzător distribuţiei componentei directe a iluminării în planul respectiv de referinţă, sistemul se evaluează, din punct de vedere cantitativ, după factorul de uniformitate.

* Lucrarea prezentată la masa rotundă "Creşterea eficienţei de utilizare a energiei electrice şi termice. Tehnologii electrice de utilizare a energiei", Bucureşti, decembrie 1996.

** Institutul de Construcţii, Bucureşti

În cazul în care se doreşte o îmbunătăţire valorică a acestui factor de calitate, aceasta se poate realiza prin atenuarea extremelor (reducerea maximelor şi mărirea minimelor), soluţie propusă, de altfel, în tratarea sistemelor de iluminat flexibile echipate cu corpuri de iluminat cu geometrie variabilă.

Corecţiile care se pot aplica valorilor iluminării directe într-o reţea de puncte pot fi făcute:

- manual, prin valori impuse aleator de operator

şi

- automat, prin calculul comparativ cunoscând valorile caracteristice iluminării directe (E_{min}, E_{max}, E_{med}).

Prin realizarea unor corecţii manual, se elimină valoarea minimă iniţială, iar distribuţia prezentată în figura 1 păstrează 80% din structura iniţială.

Cunoscând valorile iluminării directe în fiecare punct din reţeaua în studiu, este greu să se păstreze valoarea iluminării medii constantă, în cazul unor corecţii realizate manual. Folosind o metodologie de netezire a curbelor de distribuţie a iluminării (calcul automat), prin corecţiile respective se vor obţine valorile finale:

$$E'_{min} > E_{min} \quad şi \quad E'_{max} < E_{max}, \qquad (1)$$

în alte puncte sau în aceleaşi puncte în care s-au obţinut valorile iniţiale (E_{min} şi E_{max}).

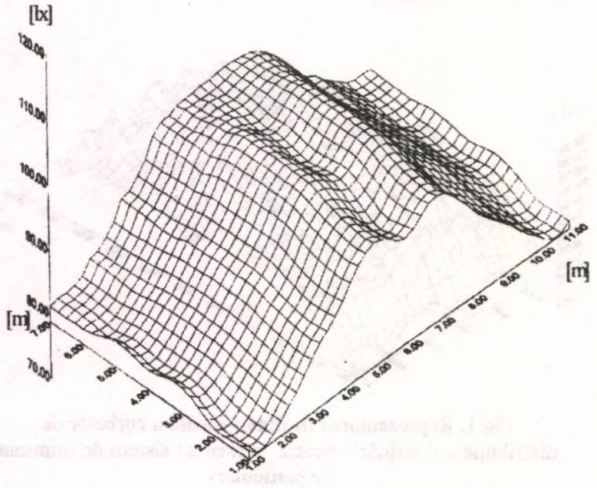


Fig. 2. Reprezentarea tridimensională a curbelor de distribuţie a iluminării după aplicarea procedurii de netezire pentru cazul prezentat în figura 1.

Calculul de corecţie automat conduce la realizarea unor distribuţii mai uniforme, aşa cum se observă din figura 2, cu implicaţii în structura distribuţiei spaţiale a iluminării directe pe toată suprafaţa controlată prin calcul.

În acest caz, corecţiile valorilor iluminării directe se fac cu păstrarea constantă a valorii iluminării medii directe.

2. Modelul matematic aferent problemei de netezire

Deoarece pentru o anumită configuraţie a sistemului de iluminat rezultă, prin calcul sau măsurări pe o reţea rectangulară de puncte, anumite valori ale iluminării, acestea pot fi asimilate cu valori discrete ale unei funcţii E în nodurile unei reţele (x_i,y_j) cu $(1 \le i \le m,\ 1 \le j \le n)$.

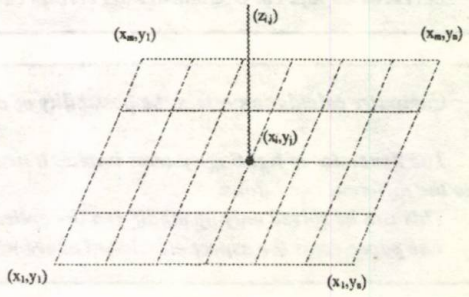


Fig. 3. Reţea rectangulară de puncte $(x_i, y_j, z_{i,j})$.

Dacă se iau în consideraţie şi cotele $z_{ij} = E(x_i,y_j)$, rezultă un sistem de puncte în R^3:

$$(x_i,y_j,z_{i,j}) \qquad (2)$$

aşa cum se observă din figura 3.

Pentru îmbunătăţirea factorului de uniformitate al iluminării se cere modificarea valorilor $z_{i,j}$, astfel încât $\sum z_{i,j}$ să rămână constantă (suma valorilor iluminării directe în toate punctele reţelei constantă implică iluminarea medie constantă).

Prin netezirea valorilor iluminării directe se înţelege acea operaţie de modificare a valorilor $z_{i,j}$ care face ca suprafaţa ce conţine aceste puncte să aibă variaţii mai mici pentru cote. Pentru a efectua această netezire, se pot utiliza mai multe metode matematice de interpolare, cum ar fi:

a) metoda inverselor distanţelor;

b) metoda Kriging;

c) metoda curburii minime etc.

S-a ales metoda inverselor distanţelor pentru că este recomandabilă în cazul unor soluţii de date cuprinse în intervalul 10....1500 de puncte (cazul uzual din cadrul obiectului tratat) şi pentru că reprezintă o modalitate de interpolare bazată pe principiul celor mai mici pătrate la care ponderile sunt chiar inversele pătratelor distanţelor. Aceasta înseamnă că pentru calculul acelor valori $z_{i,j}$ se iau în consideraţie punctele învecinate, cu cotele lor bineînţeles, dar ponderea cu care intervine în calculul valorii $z_{i,j}$, cota z_{kl} este:

$$p_{ij}^{kl} = \frac{1}{(x_i - x_k)^2 + (y_j - y_k)^2} \qquad (3)$$

unde: k=1,2,...n; l=1,2,...n

Ţinând cont de principiul metodei celor mai mici pătrate şi simplificând lucrurile, se presupune că există doar trei necunoscute (x,y,z), iar pentru determinarea lor se efectuează un număr considerabil de determinări.

Cea mai simplă relaţie care se poate imagina între cele trei necunoscute este o ecuaţie liniară (ecuaţia unui plan):

$$ax + by + cz = d\,, \qquad (4)$$

fiecare determinare însemnând, de fapt, o estimare a coeficienţilor a_i, b_i, c_i, d_i ai ecuaţiei (4).

Deci se va crea un set de "*n*" ecuaţii de forma:

$$a_i x + b_i y + c_i z - d_i = 0\,, \text{ unde: } i = 1, 2, ..., n \qquad (5)$$

Valorile căutate (x,y,z) vor fi acelea care satisfac cel mai bine întreg sistemul celor "n" ecuaţii. Dacă se înlocuiesc aceste valori în fiecare ecuaţie nu se obţine 0, decât întâmplător, ci o abatere δ. Deci:

$$a_i x + b_i y + c_i z - d_i = \delta_i\,, \text{ unde: } i = 1,2,....,n \qquad (6)$$

A încerca minimizarea abaterilor δ_i, înseamnă, de exemplu, a cere ca $\sum_{i=1}^{n} \delta_i = \text{minim}$.

Aceasta, însă, nu este o modalitate corectă de evaluare pentru că se poate ca suma sa fie chiar 0 şi totuşi abaterile să fie foarte mari. Exemplu:

$$(-1000) + (1000) + (-750) + (750) + ... = 0 \qquad (7)$$

De aceea, corect este să se caute soluţii de forma $\sum_{i=1}^{n} |\delta_i| = \text{minim}$. Deşi condiţia este corect pusă, ea este inacceptabilă pentru că ridică foarte mari dificultăţi de calcul. Se impune, de aceea, în mod natural, condiţia ca:

$$W(x,y,z) = \sum_{i=1}^{n} \delta_i^2 = \text{minim} \qquad (8)$$

De aici rezultă şi denumirea de "*metodă a celor mai mici pătrate*".

Condiţiile necesare de extrem pentru funcţia W impun ca derivatele parţiale de ordinul întâi să fie egale cu 0:

$$\frac{\partial W}{\partial x} = 0\,;\ \frac{\partial W}{\partial y} = 0\,;\ \frac{\partial W}{\partial z} = 0 \qquad (9)$$

Ţinând seama de faptul că:

$$W(x,y,z) = \sum_{i=1}^{n} (a_i x + b_i y + c_i z - d_i)^2 \qquad (10)$$

rezultă că:

$$\frac{\partial W}{\partial x} = 2\sum_{i=1}^{n} (a_i x + b_i y + c_i z - d_i) a_i = 0$$

$$\frac{\partial W}{\partial y} = 2\sum_{i=1}^{n} (a_i x + b_i y + c_i z - d_i) b_i = 0 \qquad (11)$$

$$\frac{\partial W}{\partial z} = 2\sum_{i=1}^{n} (a_i x + b_i y + c_i z - d_i) c_i = 0$$

care se mai pot scrie:

$$\left(\sum_{i=1}^{n} a_i^2\right) x + \left(\sum_{i=1}^{n} a_i b_i\right) y + \left(\sum_{i=1}^{n} a_i c_i\right) z = \sum_{i=1}^{n} a_i d_i$$

$$\left(\sum_{i=1}^{n} a_i b_i\right) x + \left(\sum_{i=1}^{n} b_i^2\right) y + \left(\sum_{i=1}^{n} b_i c_i\right) z = \sum_{i=1}^{n} b_i d_i \qquad (12)$$

$$\left(\sum_{i=1}^{n} a_i c_i\right) x + \left(\sum_{i=1}^{n} c_i b_i\right) y + \left(\sum_{i=1}^{n} c_i^2\right) z = \sum_{i=1}^{n} c_i d_i\,.$$

Folosind notaţiile introduse de Gauss:

$$[a,a] = \sum_{i=1}^{n} a_i^2\,;\quad [a,b] = [b,a] = \sum_{i=1}^{n} a_i b_i\,;\ \text{etc.} \qquad (13)$$

se poate rescrie sistemul astfel:

$$[a,a]x + [a,b]y + [a,c]z = [a,d]$$

$$[a,b]x + [b,b]y + [b,c]z = [b,d] \qquad (14)$$

$$[a,c]x + [b,c]y + [c,c]z = [c,d].$$

Sub această formă sistemul de ecuaţii poartă denumirea de "sistem normal" şi are ca soluţie valorile [x, y, z], care sigur minimizează funcţia de eroare *W*.

Condiţia de existenţă a soluţiei acestui sistem este:

$$\begin{vmatrix} [a,a] & [a,b] & [a,c] \\ [a,b] & [b,b] & [b,c] \\ [a,c] & [b,c] & [c,c] \end{vmatrix} \neq 0 \qquad (15)$$

Dacă se ţine seama de faptul că:

$$\begin{vmatrix} [a,a] & [a,b] & [a,c] \\ [a,b] & [b,b] & [b,c] \\ [a,c] & [b,c] & [c,c] \end{vmatrix} = \sum_{i,j,k(i\neq j,j\neq k,i\neq k)}^{1,n} \begin{vmatrix} a_i & b_i & c_i \\ a_j & b_j & c_j \\ a_k & b_k & c_k \end{vmatrix}^2 \qquad (16)$$

este evident că se verifică existenţa şi unicitatea soluţiei (x,y,z) în măsura existenţei a cel puţin trei ecuaţii (din totalul de n) pentru care determinantul coeficienţilor este diferit de 0 (supoziţie foarte plauzibilă).

Pe de altă parte, aceste valori ale ecuaţiei (x,y,z) nu pot reprezenta un maxim local, deoarece este evident că pentru x,y,z, dacă se iau valori cât mai mari, funcţia W poate creste nemărginit.

Prin eliminare, deci soluţia (x,y,z) nu poate fi decât un punct de minim.

3. Algoritmul de calcul propus pentru netezire

Algoritmul propus şi implementat pentru netezire utilizează o anumită etapizare în derularea calculului.

Iniţial se stabileşte o anumită ordine de parcurs a punctelor (de exemplu: pe linii sau pe coloane).

În această ordine se calculează noile cote z', care vor fi stocate separat.

În fiecare nod (x_i, y_i) al reţelei se face o selecţie de noduri învecinate după criteriul ca distanţa în planul orizontal să fie inferioară unei valori date, r.

Acest set de m puncte selectate este folosit astfel:

- pe grupe de câte trei (deci se vor face C_m^3 grupe) se determină noua cotă z' ca valoare interpolată, folosind celelalte trei puncte după relaţiile:

$$z'_j = \frac{\sum_{i=1}^{3} \frac{z_i}{k_{i,j}^{\beta}}}{\sum_{i=1}^{3} \frac{1}{k_{i,j}^{\beta}}} \qquad (17)$$

şi/sau

$$z'_j = \frac{\sum_{i=1}^{3} \frac{z_i}{\left(k_{i,j}+\delta\right)^{\beta}}}{\sum_{i=1}^{3} \frac{1}{\left(k_{i,j}+\delta\right)^{\beta}}} \qquad (18)$$

semnificaţia notaţiilor făcute fiind următoarea:

z'_j - noua valoare a cotei punctului de calcul;

z_i - cota punctului învecinat luat în consideraţie;

$k_{i,j}$ - distanţa euclidiană calculată în planul xoy între punctul de calcul şi punctul învecinat luat în consideraţie;

β - este un parametru de putere (s-a luat $\beta = 2$ şi de aici denumirea de pondere cu inversul pătratelor distanţelor);

δ - parametrul de netezire (de lisaj).

Observaţie: Pentru $\delta = 0$, relaţia (18) devine relaţia (17).

- se aplică apoi metoda celor mai mici pătrate celor C_m^3 determinări ale lui z'_j şi se obţine valoarea propusă de metodă pentru cota punctului respectiv, z'_j.

Când se termină de parcurs toată reţeaua, pentru a determina noile cote se recalculează:

$$E' = \sum_{j=1}^{mn} z'_j \qquad (19)$$

şi se compară cu:

$$E = \sum_{j=1}^{mn} z_j \text{ (vechile cote).} \qquad (20)$$

Deoarece este foarte probabil ca aceste valori să nu fie egale, se calculează un factor de corecţie K de forma:

$$K = \frac{E}{E'} = \frac{\sum_{j=1}^{mn} z_j}{\sum_{j=1}^{mn} z'_j} \qquad (21)$$

cu care vor fi definitiv corectate noile cote:

$$z'_j \leftarrow K \cdot z'_j, j = 1, 2, 3, ..., mn. \quad (22)$$

În acest mod se respectă condiţia:

$$\sum_{j=1}^{mn} z_j = \sum_{j=1}^{mn} z'_j, \quad (23)$$

adică iluminarea medie se păstrează constantă.

Urmează reprezentarea grafică a noilor cote, precum şi calcularea parametrilor ce caracterizează sistemul de iluminat (E_{min}, E_{max} şi E_{med}).

Dacă această etapă de netezire nu satisface cerintele impuse, se poate relua calculul, cotele z_j' înlocuindu -le pe cele iniţiale.

Observaţie: O reglare de finete se poate obţine şi prin modificări ale parametrului de netezire δ, pornind bineînteles, de la starea iniţială, dar cu o valoare modificată a acestuia.

Concluzii

Corecţia componentei directe a iluminării într-o reţea de puncte rectangulară este o necesitate pentru corectarea factorului de uniformitate în sistemele de iluminat interior.

Realizarea acestei corecţii prin procedura de netezire a curbelor de egală iluminare în planul util este o operaţie laborioasă care nu se poate face decât folosind un program de calcul (realizat şi utilizat în structura de programe MORELIGHT) şi constituie o metodă prin care sistemele de iluminat interior se pot considera sisteme flexibile, adaptabile funcţional în spaţiu şi timp.

Modalitatea de preluare a corecţiilor impuse de noua distribuţie a componentei directe a iluminării depinde de caracteristicile luminotehnice ale corpului de iluminat, de modul în care acestuia, prin elementele reglabile, i se poate modifica curba de distribuţie a intensităţii luminoase.

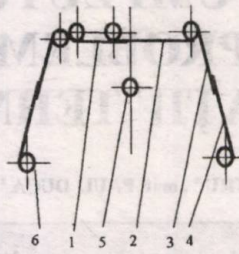


Fig. 4. Corp de iluminat cu suprafeţe reglabile-secţiune: 1...4 - elemente mobile (tablă neagră g = 1mm); 5 - sursă de lumină; 6 - ax rotaţie (oţel ϕ = 6m m).

Deoarece corpul de iluminat cu geometrie variabilă şi curbă de distribuţie a intensităţii luminoase variabilă s-a realizat la nivel de prototip (U.T.C.B. - Catedra de Luminotehnică - fig. 4), modificarea distribuţiei iluminării directe în planul de referinţă a devenit o problemă teoretică verificată practic pentru sistemele de iluminat interior.

BIBLIOGRAFIE

[1] Bianchi, C. *Luminotehnica. Aspecte fundamentale şi aplicative*, vol.I şi II. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1990.

[2] JIANU, L. *Programarea orientată pe obiecte în Turbo Vision*, Editura ENTAF, 1993.

Notă. Au fost folosite şi următoarele lucrări nepublicate:

1 Moroldo, D. *Contribuţii la realizarea sistemelor de iluminat interior flexibile prin corpuri de iluminat cu geometrie variabilă*, U.T.C., Bucureşti, 1995.

2 Moroldo, D., Iftode, C. *Geometria corpurilor de iluminat componentă determinantă a sistemelor de iluminat interior*. Seminar iluminat, Bucureşti, 1992.

3 MOROLDO, D. *O nouă concepţie în realizarea şi funcţionarea corpurilor de iluminat interior*. Conferinţa CNRI, Bucureşti, 1994

Referent: ing. Camelia Burlacu - GSCI - Centrul de Studii

(Primit la 29 noiembrie 1996, acceptat la 20 ianuarie 1997)

ALEGEREA UMPLUTURII TURNURILOR DE RĂCIRE - PROBLEMĂ CU IMPORTANTE IMPLICAŢII TEHNICO-ECONOMICE*

ing. CONSTANTIN DUMITRU [x], mat. PAUL DUCA [x], ing. DANIEL PREDESCU [x], ing. RODICA CORNEA [xx]

Atât pentru proiectele noi de turnuri de răcire cât mai ales pentru execuţia reparaţiilor capitale (RK) ale acestor instalaţii, problema alegerii celei mai adecvate soluţii de umplutură este extrem de importantă şi are implicaţii tehnico-economice deosebite.

Lucrarea pune la dispoziţia factorilor interesaţi unele rezultate obţinute de Laboratorul Circuite Hidrotehnice din GSCI-CI cu privire la acest subiect.

The choice of the most suitable type of packing is extremely important as it has special technical and economic implications that should be considered when designing new cooling towers or when their overhauls are carried out.

The paper reports on a number of results obtained at the Labratory for Hydrotechnical Circuits on this subject.

Descriptori: turnuri de răcire, eficienţă tehnico-economică

1. Consideraţii generale

Instalaţiile de răcire constituie componente tehnologice de bază ale centralelor termo şi nuclearoelectrice. Rolul lor este acela de a evacua către mediul ambiant căldura reziduală a ciclului termic respectiv, constituind interfaţa acestuia cu sursa rece.

Datorită particularităţilor specifice ale sistemului energetic al României (resurse de apă, suprafeţe de teren disponibile, relief, resurse de combustibil, tipuri de termocentrale, amplasamentul acestora etc.), ca instalaţii de răcire se folosesc, practic în exclusivitate, turnurile de răcire umede. Acestor turnuri de răcire le revine sarcina evacuării a circa 70% din totalul căldurii reziduale evacuate în mediul ambiant, prin intermediul circuitelor de răcire ale termocentralelor RENEL (restul de circa 30% revenind răcirilor în circuit deschis cu apă de râu). Debitul de apă instalat în turnurile de răcire ale RENEL este de circa 1,7 mil.m^3/h, dar actualmente prin aceste instalaţii se vehiculează efectiv circa 1 mil.m^{3}apă/h, datorită capacităţilor aflate în reparaţii sau în rezervă. Dacă se ţine seama, pe de o parte, că prin turnurile de răcire se vehiculează o putere termică de circa 10.000 MWt (al cărei nivel de temperatură influenţează direct şi în mod sensibil producţia de energie electrică, consumurile specifice, cheltuielile de producţie) şi, pe de altă parte, dacă se ţine seama că investiţiile în aceste instalaţii constituie aproximativ jumătate din totalul aferent părţii reci a termocentralei (condensator, circuit de răcire etc.), rezultă că instalaţiilor de răcire trebuie să li se acorde o atenţie deosebită, atât în stadiul de concepţie, cât şi în cel de exploatare.

După cum se va arăta în continuare, prin exemplificare la un turn de răcire în contracurent, un impact tehnico-economic semnificativ îl are alegerea corespunzătoare a tipului de umplutură atât pentru echiparea tehnologică iniţială, cât şi cu ocazia reparaţiilor capitale periodice.

2. Soluţii de echipare cu umplutură pentru turnurile de răcire în contracurent

În cele ce urmează se va limita analiza la turnurile de răcire în contracurent, care au ponderea principală (cu 75%) din capacitatea instalată totală a turnurilor de răcire ale RENEL.

* RENEL - GSCI - Centrul de Inginerie Eneregtică - Laboratorul Circuite Hidrotehnice
** PROCEMA - S.A., Bucureşti

În tabelul 1 sunt sintetizate avantajele şi dezavantajele fiecărui tip de material şi de umplutură, care ar putea fi utilizate actualmente în România.

S-au luat în considerare numai elemente cu caracteristici funcţionale cunoscute şi care se află în producţia curentă la diverşi furnizori. Comparativ se prezintă şi date sumare pentru o variantă performantă străină (blocuri din plăci gofrate).

Performanţele funcţionale comparative ale acestor elemente de umplutură pot fi apreciate urmărind curbele trasate în figura 1, unde se observă variaţia temperaturii apei răcite în funcţie de grosimea stratului de umplutură, cu aplicaţie la un turn de răcire în contracurent de 10.000 m^3 apă/h. În calcule s-au folosit relaţii de generalizare pentru coeficienţii de transfer, respectiv de rezistenţă aerodinamică, determinaţi pe standuri de laborator sau pe staţia experimentală de mari dimensiuni a GSCI-CI-LCiH. În unele cazuri (v. varianta 9, tabelele 1 şi 2) s-au folosit valori din literatură [4].

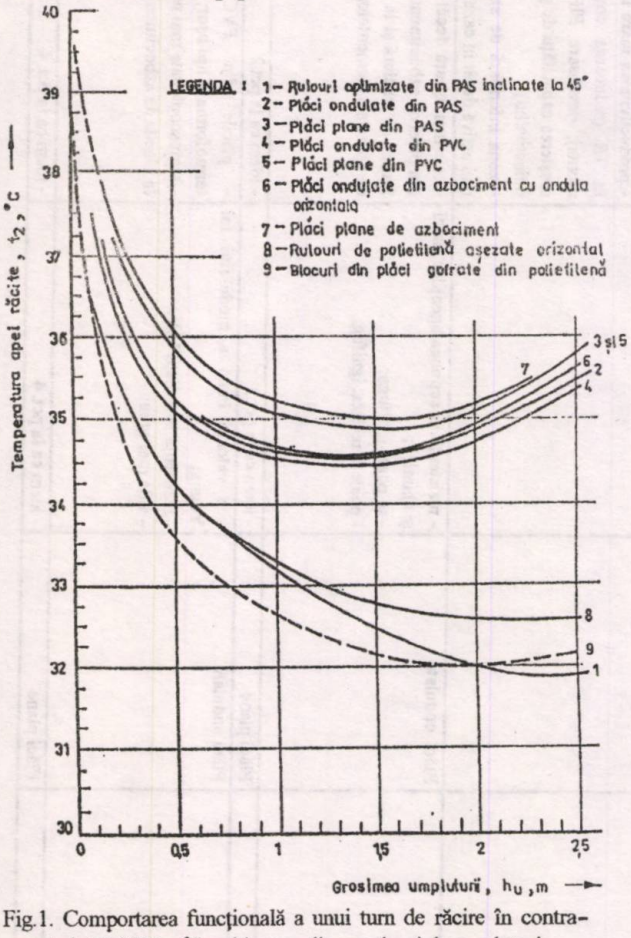


Fig.1. Comportarea funcţională a unui turn de răcire în contracurent de 10.0000 m^3/h echipat cu diverse tipuri de umpluturi.
Notă. Curbele sunt valabile pentru starea iniţială a umpluturilor (fără degradări, tasări, depuneri).

3. Date de intrare pentru calculul economic

Mai jos se precizează principalele date şi premise avute în vedere la calculele efectuate:

- aplicaţia s-a efectuat la un turn în contracurent de 10.000 m^3apă/h, cel mai des întâlnit în termocentralele RENEL;
- costurile elementelor de umplutură corespund anului 1995;
- costul energiei electrice s-a considerat 50 $/MWh;
- pentru conversia lei - $ s-a luat 3.000 lei/$;
- sensibilitatea turbinei în raport cu temperatura apei răcite de turn (respectiv faţă de temperatura de condensare) s-a considerat a fi de 200 kW/grd. şi turn, iar timpul de funcţionare a turnului de răcire la încărcare nominală s-a propus a fi de 4000 h/an (aceasta ar corespunde situaţiei dintr-o centrală de termoficare, ceea ce face ca rezultatele calculelor să fie mult acoperitoare faţă de cazul unei centrale cu grupuri de condensaţie pură);
- rata de actualizare a = 0,15;
- perioada de studiu : zece ani, la care se adaugă anul zero în care se efectuează lucrările de reparaţie capitală (RK).

4. Rezultate obţinute

Rezultatele calculelor tehnico-economice sunt prezentate în tabelul 2 şi figurile 2 şi 3. Se observă că profitul net cel mai mare este asigurat de varianta nr.1 (rulouri optimizate din poliester armat cu fibre de sticlă, aşezate în poziţie înclinată), care conduce la un câştig net, de 1.453.000 $ (neactualizat), respectiv de 694.700 $ (actualizat, a = 0,15), pe o perioadă de zece ani de funcţionare a turnului de răcire de 10.000 m^3 apă/h.

Generatoare de profit mai sunt şi variantele 8 şi 9, respectiv rulourile din polietilenă şi pachetele din plăci gofrate . Cu privire la plăcile ondulate şi cele plane de azbociment (variantele 6 şi 7) trebuie notat, însă, că unele considerente de protecţia mediului şi a sănătăţii omului au determinat ţările dezvoltate industrial să evite sau chiar să interzică folosirea azbocimentului (material cancerigen). De asemenea, în cadrul variantelor din plăci de azbociment profitul va

Tabelul 1

Caracteristicil ale diverselor materiale şi umpluturi pentru turnurile de răcire în contracurent

Var	Materialul umpluturii	Tipul umpluturii	Avantaje		Dezavantaje	
			Material	Umplutura	Material	Umplutura
0	1	2	3	4	5	6
1	PAS-Poliester (răşini poliesterice nesaturate) armat cu fibre de sticlă	Rulouri înclinate din fibre din PAS realizate prin înfăşurare pe un tambur	- rezistă la acţiunea agenţilor fizici şi chimici; - masă specifică mică (ρ_{PAS} = 1800 kg/m^3); - rezistenţă mare la seism (datorită sarcinilor dinamice mici); - pot fi ignifuge sau se pot ignifuga (trioxid de stibiu cu parafină clorurată); - se poate forma într-o gamă variată de tipodimensiuni; - materie primă de provenienţă indigenă;	- caracteristici funcţionale (termice şi aerodinamice) foarte bune; - îşi păstrează nemodificate în timpul funcţionării caracteristicile termice şi aerodinamice; - este de 30 ... 60 ori mai uşoară (circa 8 ... 10 kg/m^3) decât plăcile din azbociment; - rata depunerii de săruri pe suprafaţa materialului este de circa 60 de ori mai mică faţă de azbociment; - energia înglobată pe m^3 de umplutură este de circa 6 ori mai mică decât la plăcile ondulate din azbociment; - productivitatea mare la montajul în TR (reducerea costurilor de montaj, devansare PIF obiectiv, creşterea capacităţii de producţie a obiectivului); - zona inferioară de stropire este mai activă decât în cazul plăcilor;	- material compozit: (necesită o atenţie sporită la respectarea reţetei de fabricaţie);	- trebuie manipulate cu grijă la transport, depozitare, montaj în TR; - la cerere pot fi executate ignifuge sau ignifugate. În cazul rulourilor ignifuge clasa de combustibilitate este C_1, în cazul rulorilor ignifugate clasa de combustibilitate este C2;
2	PAS	Plăci ondulate	- rezistenţă la acţiunea agenţilor fizici şi chimici ; - se poate ignifuga; - poate fi realizat ignifug;	- este mai uşoară decât umplutura din plăci de azbociment de aceeaşi formă, dimensiuni şi la acelaşi pas de aşezare a elementelor;	- idem ca la pct.1	- consum mai mare de material faţă de varianta din rulouri din PAS fără ca performanţele funcţionale să fie mai bune; - manopera şi durata montajului în TR cresc; - sunt scumpe;
3	PAS	Plăci plane	- idem ca la pct.2	- idem ca la pct.2	- idem ca la pct.1	- idem ca la pct.2
4	PVC	Plăci ondulate	- o valoare bună a modulului lui Young; - rezistenţa la radiaţii U.V.; - arde mai greu;	- plăcile din PVC se pot termoforma şi lipi uşor; - higroscopicitate mai redusă decât la plăcile de azbociment;	- la ardere produce gaze toxice datorită conţinutului de Cl, care este şi foarte corosiv; - la temperatură redusă este casant; - interval relativ redus al domeniului de temperaturi de lucru;	- sub forma clasică (plăci distanţate) performanţele termice sunt relativ modeste; - sub formă de plăci subţiri gofrate, lipite între ele, riscul înfundării cu depuneri este mare;
5	PVC	Plăci plane	- idem ca la pct. 4	- idem ca la pct. 4	- idem ca la pct. 4	- idem ca la pct. 4 (primul paragraf)

Tabelul 1 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6
6	Azbociment	Plăci ondulate cu ondula orizontală	- rezistent la foc; - durabilitate mare în condiţii normale de funcţionare;	- cu amenajări simple se poate circula pe deasupra umpluturii;	- material compozit (necesită fibre de azbest lungi de calitate bună-import); - energie înglobată mare (circa 0.54 kg cc/kg placă); - greutate mare, necesită dimensionare corespunzătoare a elementelor constructive ale TR: - se distruge sub acţiunea apelor acide (pH< 6…6.7), CO_2, $CaSO_4$, Cl_2, $CaCl_2$; - fibrele din azbest sunt cancerigene ; - este casant;	- performanţe funcţionale mai scăzute faţă de rulori; - sunt mai sensibile în raport cu gradul de uniformitate a irigării cu apă; - pierderi mari (până la 40%) la transport, depozitare, montaj în TR sau în funcţionare în caz de seism; - productivitate scăzută la montaj (manoperă mare de montaj în TR, costul montajului de 8 … 10 ori mai mare faţă de rulouri); - rata depunerilor de săruri este foarte mare (de circa 60 ori mai mare decât la PAS); - necesită supradimensionarea grinzilor suport pentru a rezista la sarcini statice şi dinamice (seism);
7	Azbociment	Plăci plane	- idem la ca pct. 6	- idem la ca pct. 6	- idem la ca pct. 6	- idem la ca pct. 6
8	Polietilena	Rulouri cilindrice din plasă de polietilenă aşezate orizontal, cu spirala metalică interioară	- se pretează la confecţia plaselor prin extrudare;	- caracteristicile de schimb termic sunt de circa 4 ori mai bune decât ale plăcilor plane de azbociment şi sunt aproximativ echivalente cu ale rulourilor optimizate din PAS;		- în varianta neignifugată arde uşor (clasa de combistibilitate C_4), propagă arderea datorită producerii de picături inflmabile care cad din zona incendiată, producând noi centre de iniţiere a combustiei; - se deformează uşor (nu este autoportant); - necesită un suport (de obicei o spirală de oţel zincat, caşerată cu PVC) pentru păstarea formei cilindrice; - ignifugarea cu produse indigene (ioduri , bromuri) nu durează (produsul de ignifugare difuzează relativ repede în afară); -ignifugarea cu produşi din import (complecşi cu Br) triplează preţul produsului; - sunt mai grele (circa 20…22 kg/m^3 de umplutură) decât rulourile din PAS;

Tabelul 1 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6
9	Materiale plastice -Polietilenă - Polipropilenă - PVC	Blocuri din plăci gofrate	- rezistenţă la acţiunea agenţilor fizici şi chimici;	- suprafaţa de schimb mare pe unitatea de volum de umplutură; - foliile din PVC pot fi lipite; - foliile din polietilenă şi polipropilenă pot fi sudate prin puncte (tehnologie mai adecvată);	- în locurile de lipire materialul se rigidizează, iar liantul (un solvent) produce gaze toxice; - în timp se produce o degradare a calităţilor fizico-mecanice (îmbătrânire)	- nu suportă impurificarea apei (se înfundă uşor cu săruri sau alte materiale din apa de răcire); - nu pot fi spălate cu jet de apă (se rup plăcile foarte subţiri); - consumul specific de material pe m^3 umplutură este mai mare (de peste 5 ori) faţă de rulourile din PAS; - raportat la m^3 de umplutură, costul este mai mare (cel puţin dublu) faţă de rulourile din PAS.

Tabelul 2

Rezultatele calculelor tehnico-economice pentru un TR de 10.000 m^3/h ($S_{irig.}$ = 1.500 m^2)

Nr. crt.	Varianta de umplutură	Capital investit pentru procurarea şi montajul umpluturii	Producţie suplimentară de energie electrică datorită noii umpluturi	Venituri neactualizate	Profit net neactualizat	Profit net actualizat (a=0,15)	Profit net actualizat/cost	Termen de recuperare a investiţiei în umplutură
		$	MWh/zece ani	$/zece ani	$/zece ani	$/zece ani	-	ani
0.	Nu se execută RK (nu se înlocuieşte umplutura)	0	-50.600	-2.530.000	-2.530.000	-1.270.978	-	-
1.	Rulouri optimizate din PAS înclinate	136.935	+31.800	+1.590.000	+1.453.065	+694.678	5,07	1,97
2.	Plăci ondulate din PAS	1.330.191	+14.600	+730.000	-600.191	907.771	-	-
3.	Plăci plane din PAS	1.769.589	+11.400	+570.000	-1.199.589	-1.427.470	-	-
4.	Plăci ondulate din PVC	464.949	+15.400	+770.000	+305.051	-22.454	-	-
5.	Plăci plane din PVC	548.487	+11.400	+570.000	+21.513	-206.368	-	-
6.	Plăci ondulate din azbociment	128.187	+14.200	+710.000	+581.813	+284.194	2,22	4,51
7.	Plăci plane din azbociment	186.500	+10.600	+530.000	+343.500	+135.544	0,727	13,76
8.	Rulouri din polietilenă	145.734	+26.600	+1.330.000	+1.184.266	+590.429	4,05	2,47
9.	Pachete din plăci gofrate	273.870	+22.800	+1.140.000	+866.130	+378.949	1,38	7,23

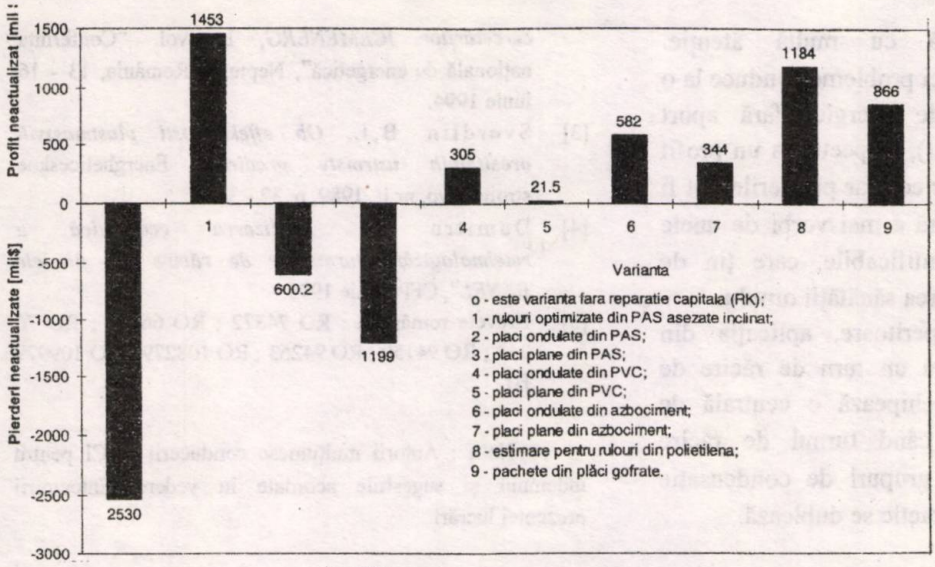


Fig.2. Graficul profitului neactualizat (respectiv pierderilor neactualizate) pentru variantele analizate pe timp de 10 ani de funcţionare a turnului de răcire de 10000 m³/h.

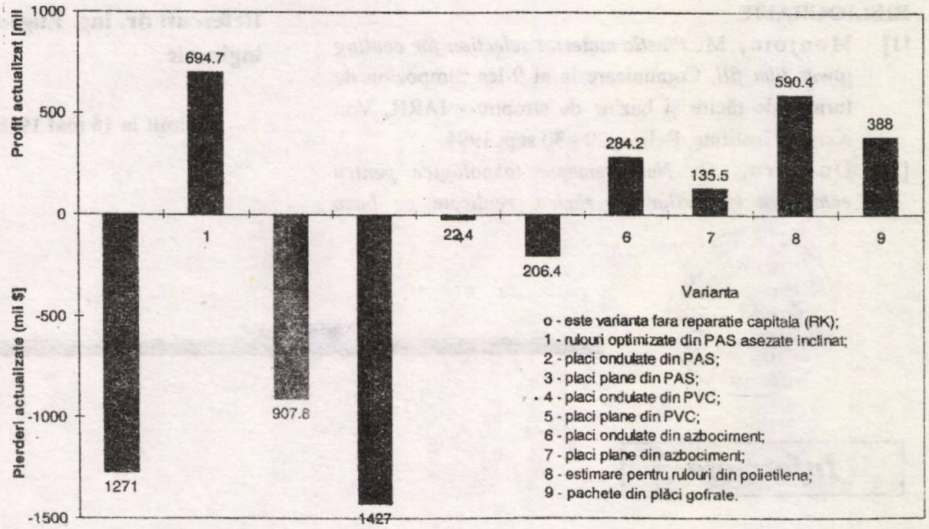


Fig.3. Graficul profitului actualizat (respectiv pierderilor actualizate) pentru variantele analizate pe timp de 10 ani de funcţionare a turnului de răcire de 10000 m³/h.

trebui să fie sensibil amendat de efectul duratelor lungi necesare montării şi respectiv dezafectării umpluturii (v. tabelul 1), datorită cantităţilor mari de energie neprodusă (efect care nu a fost luat în considerare la calculul profitului din tabelul 2).

În tabelul 2 se prezintă şi alţi doi indicatori, şi anume: indicele de profitabilitate (raportul beneficiu actualizat/cost) şi termenul de recuperare a investiţiei (în umplutură).

Variantele care nu produc beneficii, ci pierderi sunt variantele 2, 3, 4, 5 şi varianta zero. Varianta zero (cea în care nu se execută lucrări de RK) este singura care conduce la pierderi de energie şi respectiv cea care nu produce venituri. Chiar fără a ţine seama de considerente economice, această variantă (zero) se exclude din motive de neasigurare a cerinţelor tehnice (nivel de temperatură necesar al apei de răcire pentru unii răcitori pretenţioşi).

Extrapolând rezultatele la scara întregului parc de turnuri de răcire din SEN, unele din ele exploatate intensiv şi echipând centrale cu grupuri de condensaţie pură, ar rezulta că pe baza echipării cu umpluturi performante a acestora s-ar putea obţine anual un profit net actualizat de câteva milioane $/an. În cazul în care, din motive diverse, se alege o variantă de umplutură necorespunzătoare, pierderile pot fi de asemenea de ordinul milioanelor de $/an.

Concluzii

Alegerea şi stabilirea caracteristicilor umpluturilor turnurilor de răcire (fie TR noi fie TR aflate în reparaţie capitală) constituie o problemă

care trebuie soluţionată cu multă atenţie. Rezolvarea corectă a acestei probleme conduce la o producţie suplimentară de energie (fără aport suplimentar de combustibil), respectiv la un profit net anual important. În caz contrar pierderile pot fi la fel de semnificative, fără a mai vorbi de unele efecte deocamdată necuantificabile, care ţin de protecţia mediului şi apărarea sănătăţii omului.

Pentru a fi acoperitoare, aplicaţia din lucrare s-a efectuat pentru un turn de răcire de 10.000 m^3 apă/h, care echipează o centrală de termoficare. În situaţia când turnul de răcire echipează o centrală cu grupuri de condensaţie pură efectele economice practic se dublează.

BIBLIOGRAFIE

[1] Monjoie, M. *Plastic material selection for cooling tower film fill,* Comunicare la al 9-lea Simpozion de turnuri de răcire şi bazine de stropire - IARH, Von Karman Institute, Belgia, 20 - 30 sept.1994.

[2] Dumitru, C. *Noi elemente tehnologice pentru echiparea turnurilor de răcire, realizate pe baza cercetărilor ICEMENERG,* In vol. "Conferinţa naţională de energetică", Neptun - România, 13 - 16 iunie 1994.

[3] Sverdlin B,L. *Ob effektivnosti plastmassvih orositelnih ustroistv gradiren,* Energheticeskoe stroitelstvo, nr.ll, 1989, p. 32 - 34.

[4] Dumitru C. *Analizarea economică a retehnologizării turnurilor de răcire din filialele RENEL",* CFP, iunie 1993.

[5] Brevete românesti : RO 74372 ; RO 66821 ; RO 76 344 ; RO 94150 ; RO 94253 ; RO 108279 ; RO 109979 B1.

Nota : Autorii mulţumesc conducerii GSCI pentru îndemnul şi sugestiile acordate în vederea întocmirii prezentei lucrări.

Referent: dr. ing. Eugen Cinski - GSCI - Centrul de inginerie

(Primit la 16 mai 1996, acceptat la 24 februarie 1997)

ORSZÁGOS KÖZPONT MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883 INFORMÁCIÓS

Informaţii

Revista ENERGETICA vă oferă prin paginile de publicitate posibilitatea popularizării serviciilor şi produselor dv., făcându-vă mai cunoscuţi, atât în ţară, cât şi în străinătate . Costul unei pagini de publicitate este:

- **1 pg. A4, alb/negru pe coperta II sau III[x] = 950.000 lei**
- **1 pg. A4, alb/negru pe coperta IV[x] = 1.050.000 lei**
- **1 pg. A4, alb/negru in interiorul revistei[xx] = 750.000 lei**

- **1 pg. A4, color pe coperta II sau III[x] = 1.500.000 lei**
- **1 pg. A4, color pe coperta IV = 1.800.000 lei**
- **1 pg. A4 color în interiorul revistei[xx] = 1.200.000 lei**

x) În funcţie de spaţiul disponibil în perioada solicitată; xx) Nelimitat

Notă: Comenzile pentru publicitate trebuie să fie însoţite de materialul grafic şi de textul ce urmează a fi puse în pagina de publicitate. C/v. reclamelor va fi achitată în contul nostru 30 11 8 01 01- BCR, Filiala sector 3, Bucureşti .

CONTENTS

VASILE RUGINĂ: Transmission services in a restructured power system 99

EUGEN STAN, IRINA DICIEANU: The usage of the standard compliance certification for the power equipment 102

GEORGETA STĂNCIULESCU, ANA SCHEUSAN, BOGDAN ACHIM, ION IFRIM: Increase in the electricity and thermal power utilization efficiency. Electric technologies for energy utilization 105

GHEORGHE IORDACHE: Local thermal stresses developing at the casing - Tube wall joint of the industrial heat eschangers 112

MIHAI IVAN, CRISTINEL SUBAŞU, TIBERIU ALUAŞ, DAN GĂVĂNESCU: Monitoring of the electric power distributed through the low voltage grid - Pilot plant Buftea - 118

SORIN PĂTRĂŞCOIU: New approaches to transient and dynamic operating modes computation problem 123

CAMELIA BURLACU, MIHAILA GUŞĂ: Some efficient public lighting solutions adopted at Deva, Romania 130

DAN MOROLDO: Value correction of the lighting direct component against the reference level - A requirement of the flexible indoor lighting systems 133

CONSTANTIN DUMITRU, PAUL DUCA, DANIEL PREDESCU, RODICA CORNEA: The choice of cooling towers filling - A problem with important technical and economic implications 138

ENERGY WORLDWIDE

A. GUŢU: Transformation of the enisting industrial heating power stations into combined heat and power stations 104, 111

SOMMAIRE

VASILE RUGINĂ: Services de transport dans un système électroénergétique restructuré 99

EUGEN STAN, IRINA DICIEANU: L'utilisation de la certification de conformité du matériel spécifique du domaine énergetique 102

GEORGETA STĂNCIULESCU, ANA SCHEUSAN, BOGDAN ACHIM, ION IFRIM: Les difficultés à la croissance du rendement énergétique et des solutions possibles pour les éliminer 105

GHEORGHE IORDACHE: Techniques thermiques locales utilisées pour joindre l'enveloppe - plaque tubulaire des échangeurs de chaleur industriels 112

MIHAI IVAN, CRISTINEL SUBASU, TIBERIU ALUS, DAN GAVANESCU: Le contrôle de l'énergie électrique répartie dans le réeseau à basse tension 118

SORIN PĂTRĂŞCOIU: Des nouvelles appriches du calcul des régimes transitoires et dynamiques 123

CAMELIA BURLACU: Solitions pour l'éclairage publiique efficace utilisées dans la ville de Deva, Roumanie 130

DAN MOROLDO: La correction de la valeur de la composante directe de l'éclairage au niveau du plan de référence - une condition nécessaire pour les systèmes flexible d'éclairage intérieur 133

CONSTANTIN DUMITRU, PAUL DUCA, DANIEL PREDESCU, RODICA CORNEA: Le choix du type de remplissage - un problème avec des importantes implications technigues - économiques 138

L'ENERGIE DANS LE MONDE

A. GUŢU: La transformation des centrales thermiques existentes en centrales à production combinée 104, 111

INHALT

VASILE RUGINĂ: Transportleistungen in einem umstrukturierten Elektroenergie-verbundsystem 99

EUGEN STAN, IRINA DICIEANU: Anwendung der Zertifizierung zur Beglaubigung energietechnischer Einrichtungen 102

GEORGETA STĂNCIULESCU, ANA SCHEUSAN, BOGDAN ACHIM, ION IFRIM: Schranken bei der Erohöhung der energietechnischen Effizienz und mögliche Lösungen zu ihrer Beseitigung 105

GHEORGHE IORDACHE: Die Analyse lokaler Wärmespannungen der Wärmetauscher im Anfahrbereich 112

MIHAI IVAN, CRISTINEL SUBAŞU, TIBERIU ALUAŞ, DAN GĂVĂNESCU: Die Monitorisierung der in das Niederspannungsnetz verteilten Elektroenergie. Die Pilotanlage Buftea 118

SORIN PĂTRĂŞCOIU: Eine neue Betrachtungsweise bei der Berechnung der transienten und dynamischen Fahrweisen 123

CAMELIA BURLACU, MIHAELA GUŞĂ: Effuziente Lösungen der öffentlichen Beleuchtung in der Stadt Deva, Rumanien 130

DAN MOROLDO: Die Korrektur des Wertes der direkten Beleuchtungskomponente in der Bezugsebene - eine Notwendigkeit flexibler Systeme der Innenbeleuchtung 133

CONSTANTIN DUMITRU, PAUL DUCA, DANIEL PREDESCU, RODICA CORNEA: Die Auswahl der Kühlturmfüllung-eine Frage mit wichtigen technisch-ökonomischen Zusammenhängen 138

DIE ENERGIEWIRTSCHAFT WELTWEIT

A. GUŢU: Der Umbau vorhandener Industrieheizwerke in Heizkraftwerke 104, 111

СОДЕРЖАНИЕ

ВАСИЛЕ РУДЖИНЭ: *Услуги передачи в переустроенной электроэнергетической системе* 99

ЕУДЖЕН СТАН, ИРИНА ДИЧИЕАНУ: *Использование подтверждения соответствии специфичного для энергетической области оборудования* 102

ДЖЕОРДЖЕТА СТЭНЧУЛЕСКУ, АНА СКЕУШАН, БОГДАН АКИМ, ИОН ИФРИМ: *Барьеры к повышени энергетической эффективности и возможные ре шения для их удаления* 105

ГЕОРГЕ ИОРДАКЕ: *Местные тепловые техшки соединения каркасы с трубной доской промышетных теплообменшков* 112

МИХАЙ ИВАН , КРИСТИНЕЛ СУБАШУ, ТИБЕРЮ АЛУАШ, ДАН ГЭВЭНЕСКУ: *Диспетчерское управлеше электрической энергией, распределяемой в низковольтной сети* 118

СОРИН ПЭТРЭШКОЮ: *Новые подходы к вычислению переходных и динамических режимов* 123

КАМЕЛИЯ БУРЛАКУ, МИХАЕЛА ГУШЭ: *Методы решения деиствующего общественного, освещения города Деви-Румыния* 130

ДАН МОРОЛДО: *Исправлеше значения непосредственной состовляющей освещения на уровне ориентировогного плано - необходимо для гибких внутренных систем освещения* 133

КОНСТАНТИН ДУМИТРУ, ПАУЛ ДУКА, ДАНИЕЛ ПРЕДЕСКУ, РОДИКА КОРНЕА: *Выбор насадки охлаждающей ба шни проблем с важными техшко-экономическими последствиями* 138

С МЕЖДУНАРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

А. ГУЦУ: *Преобразование существующих промы шленных теплоцентралей в ТЭС* 104, 111

Romania
RENEL
Romanian Electricity Authority

GSCI
STUDIES, RESEARCH AND
ENGINEERING GROUP
8, Energeticienilor Blvd.
79619 Bucharest 3 - Romania
fax: (401) 321 10 10; phone: (401) 321 32 41

email: srcti @cci.vsat.ro

GSCI - RENEL is the Romanian leader in all energy services

* ***Power system planning and development studies***
* ***R&D and demonstration projects***
* ***Nation-wide energy and environmental issues***
* ***Information technology & telecommunications***
* ***Complete engineering services***
* ***Information & documentation***

POWER STUDIES

- studies for:
  - power system planning and development;
  - least costs for power and heat generating
  - capacities;
  - investments for power system development;
  - environmental impact for power equipment;
  - feasibility;
- biddings, technical specifications and terms of reference for studies and designs meant for the Romanian Power System;
- technical assistance, consultancy and expertise in power system operation.

POWER ENGINEERING

- plant retrofits;
- power delivery;
- environmental impact services;
- tests and consultancy;
- operation and maintenance services;
- expertise and technical assistance;
- operation and maintenance;
- updating testing, measurement and
- control equipment.

RESEARCH AND DEVELOPMENT

- energy policies, forecasts and strategies;
- technologies and monitoring control, protection systems;
- clean coal technologies;
- new materials and facilities;
- technologies for:
  - local, regional, trans-boundary and global control;
  - renewables;
  - energy efficiency improvement.

GSCI

SERVICES

- manufacture of products, equipment, power facilities;
- service for measurement and control technology;
- commissioning, service, rehabilitation of power equipment;
- operative unit in maintenance and/or rehabilitation of power equipment/facilities.

ORSZÁGOS KÖZPONT 1883 INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR

INFORMATION-DOCUMENTATION

- applicative research in Information Technology (IT);
- design and implementation of information and telecommunication systems (Tc);
- hardware, software and services for IT and Tc ;
- MIS, EMS-SCADA and DMS-SCADA applications;
- DBMS for utilities management and control;
- technical asistance, tests, consultancy, commissioning and services in IT and Tc

INFORMATION TECHNOLOGY AND TELECOMUNICATIONS

- documentation center;
- bibliographical database;
- technical library acquisition;
- bibliographical surveys;
- technical translations;
- publishing and printing house;
- text and image processing;
- archives and industrial property.

The works carried aut in Romania and abroad consolidated the prestige of G.S.G.I.

E 2039
FF
8 000000 483751

4 ENERGETICA

Romania RENEL

APRILIE 1997

ENERGETICIENI PROTEJATI NATURA!

Romania
RENEL
Romanian Electricity Authority

GSCI
STUDIES, RESEARCH AND
ENGINEERING GROUP
8, Energeticienilor Blvd.
79619 Bucharest 3 - Romania
fax: (401) 321 10 10; phone: (401) 321 32 41

email: srcti @cci.vsat.ro

GSCI - RENEL is the Romanian leader in all energy services

* ***Power system planning and development studies***
* ***R&D and demonstration projects***
* ***Nation-wide energy and environmental issues***
* ***Information technology & telecommunications***
* ***Complete engineering services***
* ***Information & documentation***

POWER STUDIES

- studies for:
  - power system planning and development;
  - least costs for power and heat generating
  - capacities;
  - investments for power system development;
  - environmental impact for power equipment;
  - feasibility;
- biddings, technical specifications and terms of reference for studies and designs meant for the Romanian Power System;
- technical assistance, consultancy and expertise in power system operation.

POWER ENGINEERING

- plant retrofits;
- power delivery;
- environmental impact services;
- tests and consultancy;
- operation and maintenance services;
- expertise and technical assistance;
- operation and maintenance;
- updating testing, measurement and
- control equipment.

RESEARCH AND DEVELOPMENT

- energy policies, forecasts and strategies;
- technologies and monitoring control, protection systems;
- clean coal technologies;
- new materials and facilities;
- technologies for:
  - local, regional, trans-boundary and global control;
  - renewables;
  - energy efficiency improvement.

GSCI

SERVICES

- manufacture of products, equipment, power facilities;
- service for measurement and control technology;
- commissioning, service, rehabilitation of power equipment;
- operative unit in maintenance and/or rehabilitation of power equipment/facilities.

INFORMATION-DOCUMENTATION

- applicative research in Information Technology (IT);
- design and implementation of information and telecommunication systems (Tc);
- hardware, software and services for IT and Tc ;
- MIS, EMS-SCADA and DMS-SCADA applications;
- DBMS for utilities management and control;
- technical asistance, tests, consultancy, commissioning and services in IT and Tc

INFORMATION TECHNOLOGY AND TELECOMUNICATIONS

- documentation center;
- bibliographical database;
- technical library acquisition;
- bibliographical surveys;
- technical translations;
- publishing and printing house;
- text and image processing;
- archives and industrial property.

The works carried aut in Romania and abroad consolidated the prestige of G.S.G.I.

ENERGETICA e®

REVISTA DE SPECIALITATE A ENERGETICIENILOR DIN ROMÂNIA

ISSN: 1220 - 5133

ANUL 45 Nr. 4 APRILIE 1997

Include şi Buletin Informativ ENERGETICA

EDITOR: Regia Autonomă de Electricitate - RENEL
Grupul de Studii, Cercetare şi Inginerie - GSCI
Centrul de Informare şi Documentare Energetică - CIDE
B-dul Energeticienilor nr.8, sector 3, Bucureşti, cod 79.619
tel: 323.95.52
323.6730/235
fax: 323.95.52
e-mail: cide@cci.vsat.ro
telex: 10783 gsci r

COLEGIUL DE REDACŢIE

BIROUL: ing. Vasile RUGINĂ - redactor-şef; dr. ing. Jean CONSTANTINESCU - redactor-şef adjunct; prof. dr. ing. Dumitru Cezar IONESCU - redactor-şef adjunct; dr. ing. Eugeniu PAVEL; ing. Radu OPINCARU; ing. Ion CONECINI; ing. Vladimir CONSTANTINESCU; conf. dr. ing. Virgil MUŞATESCU ; ing. Dan GHEORGHIU; ing. Nicolae NICULESCU; dr. ing. Ioan GANEA; ing. Mihai NICOLAU

MEMBRI: prof. dr. ing. Florin ALEXE; ing. Ovidiu APOSTOL; prof. dr. ing. Victor ATHANASOVICI; prof. dr. ing. Adrian BADEA ; prof. dr. ing. Cornel BIANCHI; ing. Paul CARTIANU; ing. Mircea CÂRDU; ing. Radu CONSTANTIN; prof. dr. ing. Dorin CRISTESCU; prof. dr. ing. Nicolae DĂNILĂ; dr. ing. Laurenţiu GOIA; prof dr. ing. Nicolae GOLOVANOV ; prof. dr. ing. Dumitru IVAS; prof. dr. ing Aureliu LECA; dr. ing. Gheorghe LUCA; dr. ing. Magdalena MATEI; ing. Cornel MOŢIU; prof. dr. ing. Constantin NEAGA; prof. dr. ing. Mircea NEMEŞ; prof. dr. ing. Valeriu NISTREANU; ing. Cornel PĂSLARU; prof. dr. ing. Alexandru POEATĂ; dr. ing. Marius POMÂRLEANU; prof. dr. ing. Florin POP; dr. ing. Teodor POPA; dr. ing. Anca POPESCU; ing. Miron POPESCU; conf. dr. ing. Petre POSTOLACHE; dr. ing. Dan Ion PREDOIU; ing. Radu REGMAN; ing. Gabriel ROMAŞCU; ing. Anton ROŞU ; ing. Margarios SALGIAN; ing. Alexandru SĂNDULESCU; ing. Emilian SIMIAN; ing. Cristian TOTOLO; ing. Anton VLĂDESCU.

REDACTOR: Ana Maria CHIVU (tel. 321 69 66/149)

INFORMAŢII, ABONAMENTE, PUBLICITATE

Maria Tomescu (tel. 323 67 30/143)
Silvia Romanescu (tel: 323 67 30/143)

DIFUZARE: *Adela Popescu* (tel. 323 67 30/188)

Abonamentele se pot face prin dispoziţie de plată sau mandat poştal trimis pe adresa editorului. Se pot face abonamente şi cu plata direct la sediul editorului. Cititorii din străinătate se pot abona prin achitarea c/v abonamentului (120 $) în contul editorului

CONT BANCAR: 30.11.8.01.01. BCR Filiala sector 3, Bucureşti (lei)
472171611010 (valută)

TIPAR: CIDE - Serviciul Tipografie.

©Toate drepturile asupra acestei publicaţii sunt rezervate editorului. Orice reproducere, integrală sau parţială, prin indiferent ce mijloace, a materialelor apărute în paginile publicaţiei se poate face numai cu aprobarea editorului. Sunt autorizate numai citările incluse în lucrări ştiinţifice sau în alte volume, cu precizarea sursei. Opiniile exprimate în articolele publicate în revistă aparţin autorilor şi nu reflectă în mod obligatoriu punctul de vedere al editorului. Orice persoană juridică sau fizică a cărei acţiune este în concordanţă sau în contradicţie cu opiniile exprimate în materialele publicate îşi asumă riscurile urmărilor, editorul şi autorii neavând nici o răspundere.

CUPRINS

CONSTANTIN JIANU, ADRIAN ADAM, MIHAELA MOLDOVAN, CONSTANTIN NEAGA, LUCIAN MIHĂESCU, TUDOR PRISECARU, GABRIEL NEGREANU: Analiza unor soluţii de arzătoare cu hidrocarburi cu NO_x scăzut utilizând modelarea numerică a proceselor din flacără 147

MARIA ŞOVA, DAN CENTEA, VASILE ŞOVA, DANIELA ŞOVA: Construcţia diagramei de ardere pentru un amestec format dintr-un combustibil solid (sau lichid) şi un combustibil gazos, asistată de calculator 154

ION FĂTU, GHEORGHE LĂZĂROIU: Sisteme de conducere prin calculator a centralelor electrice 159

NICOLAE PĂNOIU, GHEORGHE LĂZĂROIU: Puncte de vedere asupra posibilităţii adaptării cazanelor cu ardere pulverizată a prafului de cărbune la arderea în strat circulant fluidizat 167

NICOLAE BĂRAN: Consideraţii privind măsurarea concentraţiei de praf de cărbune în aer 172

OVIDIU ŢUŢUIANU: "Externalităţile" la agenţii economici care evacuează poluanţi în mediul înconjurător 176

ROMULUS SFICHI: Consideraţii cu privire la dimensionarea filtrelor de absorbţie pe criteriul minimului puterii bateriilor de condensatoare 180

DIN ENERGETICA MONDIALĂ

DANA CHIRVASE, MARIUS HARSAN, DRAGOŞ PETRICICĂ: Sistemul informatic utilizat în conducerea prin dispecer a sistemului energetic al Greciei 184

INFORMAŢII

GERARD GATLLARD: Prezentarea sumară a procesului marketing al furnizorului de energie electrică pe baza practicii EDF 153, 171, 190

RECENZIE

MIRCEA CÂRDU: Ioana Ionel, Corneliu Ungureanu "Termoenergetica şi mediul " 175

Our review publishes ADVERTISMENTS for your PRODUCTS, TECHNOLOGIES, SERVICES, etc.

Please, contact us at the address:
Revista ENERGETICA
GSCI, B-dul Energeticienilor nr.8,
Bucureşti III, RO 79619
Phone : (401)321 69 66/149
Fax: (401)323 95 52
Telex: 10783 gsci r

În atenţia autorilor!

Articolele trimise la redacţia revistei Energetica în vederea publicării trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

- *vor fi predate în două exemplare, semnate de toţi autorii;*
- *vor fi însoţite de un scurt rezumat în limbile română şi engleză şi vor avea indicaţi descriptorii (cuvintele cheie);*
- *în cazul în care articolul este procesat pe calculator, va fi însoţit de o dischetă. Se preferă editorul Word 6.0 sau 7.0 sub Windows sau alt editor compatibil cu Word-ul;*
- *dacă figurile nu sunt pe dischetă trebvie predate în calc;*
- *autorii vor scrie prenumele întreg, titlul, adresa şi telefonul unde pot fi contactaţi.*

Alte informaţii se pot obţine la telefon 321.69.66/149.

Editat cu sprijinul Ministerului Cercetării şi Tehnologiei - Colegiul Consultativ pentru Cercetare Ştiinţifică şi Dezvoltare Tehnologică

Coperta tipărită la Tipo. AKTIS - Bucureşti

OROSZÁGOS MŰSZAKI KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR 1883

ANALIZA UNOR SOLUŢII DE ARZĂTOARE CU HIDROCARBURI CU NO_x SCĂZUT UTILIZÂND MODELAREA NUMERICĂ A PROCESELOR DIN FLACĂRĂ

ing. CONSTANTIN JIANU, ing. ADRIAN ADAM, ing. MIHAELA MOLDOVAN *,
prof. dr. ing. CONSTANTIN NEAGA, prof. dr. ing. LUCIAN MIHĂESCU, conf. dr. ing. TUDOR PRISECARU, s.l. ing. GABRIEL NEGREANU**

Pe linia preocupărilor de promovare a tehnologiilor de ardere nepoluante, SC ICPET CERCETARE S.A. Bucureşti dezvoltă soluţii noi de arzătoare, capabile să pondereze (controleze) formarea emisiei de NO_x în focarele cazanelor energetice şi industriale.

În lucrare se prezintă rezultatele analizei unor soluţii de arzătoare pe hidrocarburi cu NO_x scăzut, pe baza modelării numerice a proceselor termogazodinamice şi chimice din flacără, utilizând programul de calcul FLUENT.

Conceptele de arzătoare de 10 MWt, oferă valori reduse ale NO_x: de circa 2,8 de ori mai mici la funcţionarea pe păcură şi cu 22 % mai reduse la funcţionarea cu gaze naturale, faţă de un arzător de aceeaşi putere din generaţia celor aflate astăzi în exploatare în ţara noastră.

Implementarea noii generaţii de arzătoare de hidrocarburi cu NO_x redus în centralele energetice şi industriale, este cerută de normele de protecţia mediului.

In order to promote new clean burning technologies, SC ICPET CERCETARE SA Bucureşti, develops new solutions for burners that would contreol the NO_x emission resulting from the boiler and large scale boiler furnaces.

The paper presents the resutts of the analysis of the hydrocarbon low NO_x burners solutions on the basis of the thermal and gas dynamic and chemical processes of the flame modelling by means of the FLUENT program.

The concepts of the modelled 10 MW_t burners present low NO_x values of about 2,8 times lower than those, for the fuel - oil operation and 22 % times lower for the natural gas operation against those of a burner of the same power from the generation still in use in our country.

The use of the new generation low NO_x hydrocarbon-fired burners in the power plants is required by the environmental protection norms.

Descriptori: arzătoare cu NO_x scăzut

Generalităţi

În ultimii ani, au fost extinse cercetările specifice arzătoarelor de hidrocarburi cu NO_x scăzut. Scopul proiectului este dezvoltarea arzătoarelor cu combustibil păcură şi/sau gaze naturale cu emisie redusă de NO_x în gazele de ardere, destinate cazanelor din centralele electrice şi unităţile industriale.

Pentru a înţelege mai bine ce fel de ardere ar trebui să asigure soluţia constructiv - funcţională elaborată pentru arzător, reamintim succint câteva aspecte teoretice privind geneza emisiilor de NO_x [1].

Formarea oxizilor de azot în timpul arderii are loc pe baza azotului din aer (pentru NO - ul termic şi NO - ul prompt sau timpuriu) şi a azotului conţinut în combustibil, cu deosebire în păcură.

Prin emisie de NO_x se înţelege totalul oxizilor de azot formaţi: oxidul de azot (NO), care reprezintă peste 90%, şi bioxidul de azot (NO_2), care în general reprezintă sub 5%.

Alţi oxizi ca N_2O (protoxidul de azot), N_2O_3, N_2O_2 şi N_2O_5, în urma reacţiilor de ardere sunt emişi în cantităţi infime. Totuşi, în ultimul timp, protoxidului de azot i se acordă o atenţie deosebită, datorită rolului jucat asupra păturii de ozon.

Emisia de NO_x se exprimă în NO_2, deoarece, deşi în flacără se formează cu precădere NO, ulterior, în canalele de gaze şi în atmosferă acesta se transformă în NO_2.

Limitarea nivelului emisiilor de NO_x la coş se poate face prin:

- măsuri primare, prin care se controlează mecanismele de formare a NO_x - ului în focar, şi
- măsuri secundare, de curăţare a gazelor de ardere de NO_x - ul totuşi format.

* S.C. ICPET S.A , Bucureşti.
** Universitatea "Politehnica", Bucureşti

Este raţional ca pentru etapa de început a abordării problemei reducerii emisiei de NO_x la arderea hidrocarburilor în cazanele termocentralelor, pentru condiţiile economice existente în ţara noastră, să se apeleze la metodele primare, deci de prevenire sau ponderare a procesului de formare de NO_x în focar, linie pe care se înscriu cercetările noastre.

Formarea NO termic are loc în flacără, zona postreacţie, conform mecanismului reacţiei:

a) la exces de oxigen, moleculele de azot cu radicalii de oxigen rezultaţi din descompunerea termică a oxigenului la temperaturi înalte,

$$O + N_2 \rightarrow NO + N,$$

şi molecula de oxigen cu radicalul de azot rezultat din această reacţie şi/sau din descompunerea termică a azotului molecular,

$$N + O_2 \rightarrow NO + O,$$

sau suma celor două de mai sus,

$$N_2 + O_2 \rightarrow 2 \cdot NO;$$

b) la exces de combustibil, radicalii oxidril (OH) produşi prin ardere cu radicalii de azot proveniţi din descompunerea termică:

$$N + OH \rightarrow NO + H.$$

Factorii favorizanţi ai reacţiei sunt: concentraţia de oxigen atomic, timpul de reacţie şi temperatura superioară valorii de 1300 - 1400°C. Dependenţa de temperatură este puternică. Reacţia azotului molecular cu oxigenul atomic este cea mai înceată. Disocierea oxigenului, la temperaturi normale de ardere, este minimă. De exemplu, la 2000 K ea reprezintă sub 10 ppm:

$$K_{NO} = \frac{[NO]}{[N_2]^{0,5} \cdot [O_2]^{0,5}};$$

$$K_{NO} = 4{,}71 \cdot \exp\left(-\frac{94000}{R \cdot T}\right);$$

$$\frac{d[NO]}{dt} = 2 \cdot k_{NO} \cdot [N_2] \cdot [O_2].$$

Formarea NO prompt are loc în flacără, în urma interacţiunii radicalilor de forma CN şi CH cu moleculele de H_2, H_2O şi N_2. În prima fază se formează cianizii HCN:

$$CN + H_2 = HCN + H,$$
$$CN + H_2O = HCN + OH,$$
$$CN + N_2 = HCN + N,$$

care se transformă în radicali de forma NH_i (i = 0, 1, 2, 3). Aceste produse se transformă în NO_x în prezenţa oxigenului atomic O sau a radicalilor OH.

Principalii factori favorizanţi ai formării NO prompt sunt: concentraţia de oxigen atomic şi coeficientul excesului de aer.

Formarea NO din azotul existent în combustibil se produce tot în flacără, după un mecanism complex, parţial necunoscut. Se ştie că mai întâi iau naştere radicalii de forma CN, a căror evoluţie în prezenţa oxigenului duce la formarea de NO.

Principalii factori care determină formarea de NO sunt: conţinutul de azot al combustibilului, concentraţia de oxigen în flacără, timpul de reacţie şi temperatura flăcării.

Formarea NO - ului din azotul conţinut în combustibil decurge ceva mai repede decât formarea NO - ului termic, dar considerabil mai încet decât formarea de NO prompt.

Formarea NO_2 are loc în canale de gaze, coş de fum şi atmosferă liberă, fiind influenţată de factori ca: temperaturi sub 650°C, concentraţia de O_2, timpul de reacţie, gradul de murdărire a atmosferei şi lumina solară:

$$2 \cdot NO + O_2 = 2 \cdot NO.$$

Rezultate

S-au folosit programe de calcul FLUENT pentru modelarea numerică a proceselor din flacăra arzătorului. În acest fel s-a stabilit o soluţie de arzător cu NO_x scăzut pentru combustibil lichid şi gazos. Este un arzător model cu recirculaţie internă, cu putere termică de 10 MW.

În lucrare se prezintă câteva rezultate obţinute la modelarea proceselor termogazodinamice şi chimice din flacără, pentru două soluţii de arzătoare de combustibil lichid şi gazos cu recirculaţie internă a gazelor de ardere.

Arzătoarele model studiate sunt arătate în figura 1. Se observă că recirculaţia gazelor de ardere se efectuează din interiorul flăcării, la soluţia A, şi din exteriorul flăcării, la varianta B.

Reprezentările se referă la un domeniu de studiu închis într-un cilindru de raza 1,2 m şi lungime 3 m, considerând că majoritatea proceselor fizico-chimice din flacără au loc în acest volum, care cuprinde şi partea finală a arzătorului ce determină procesele de curgere, amestecare şi ardere.

Modelul este bazat pe celule de tip volum finit.

Modelarea s-a făcut cu un număr de celule pe direcţiile r/z/0 = 41/24/11 = 10824 celule, din care 2/2/2 sunt dedicate frontierelor.

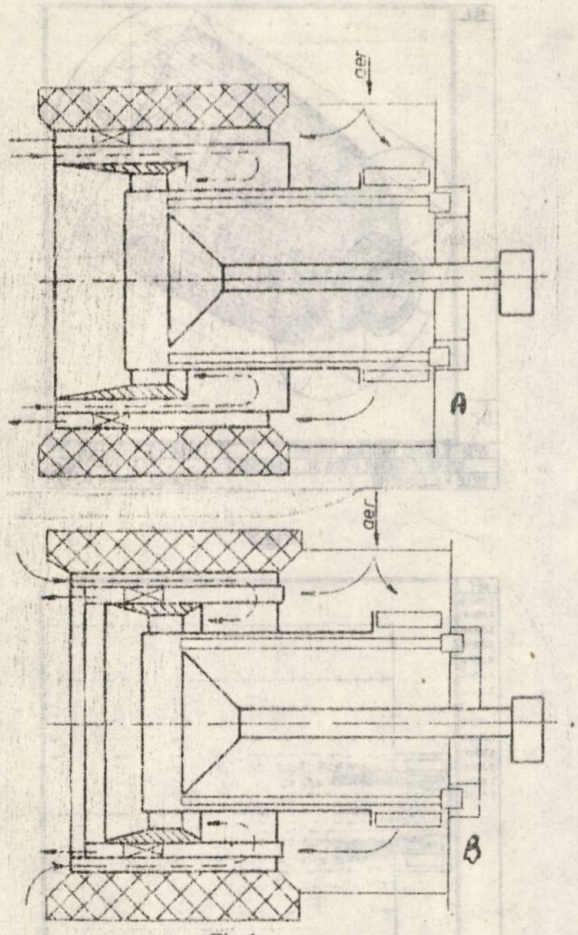


Fig.1.

În regimurile în care fenomenele sunt intense: turbionare, difuzie, reacţii chimice, gradienţi de temperatură mari de la o celulă la alta, s-a folosit o discretizare fină, care îmbunătăţeşte convergenţa soluţiei.

Caracteristic acestei soluţii de arzător este apariţia unei zone centrale dezvoltate de recirculaţie a gazelor de ardere, evidentă în câmpul de viteze axiale din figura 2 şi prezenţa unui strat de gaz inert între fluxul principal şi cel secundar de aer, aşa cum se observă în repartiţia oxigenului, (fig. 3), asigurând astfel o ardere stadială.

Curgerea cu recirculaţie în flacără este evidentă dacă urmărim suprafeţele vitezelor axiale constante (-3 m/s şi zero), prezentate în figurile 4 -7, pentru soluţia A, şi figurile 8 - 11, pentru varianta B.

Prezenţa jetului de combustibil lichid modifică substanţial aspectul curgerii (distribuţia vitezei) faţă de funcţionarea cu combustibil gazos. Se remarcă scăderea gradientului vitezei axiale şi creşterea recirculării gazelor de ardere în zona periferică.

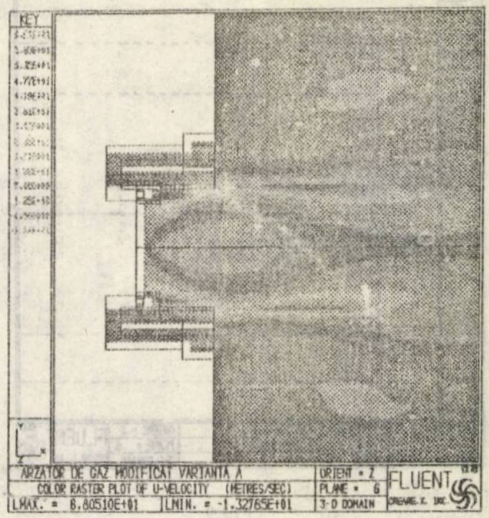


Fig.2

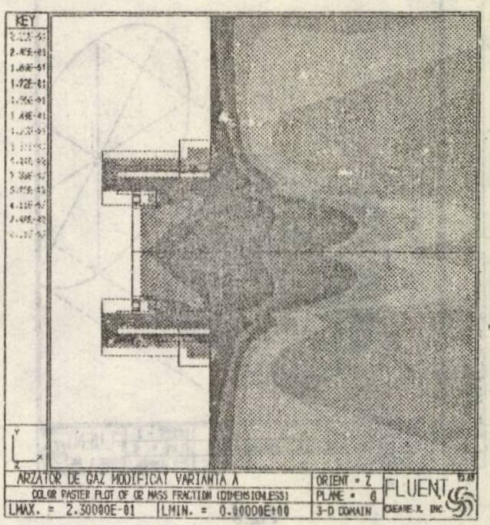


Fig.3

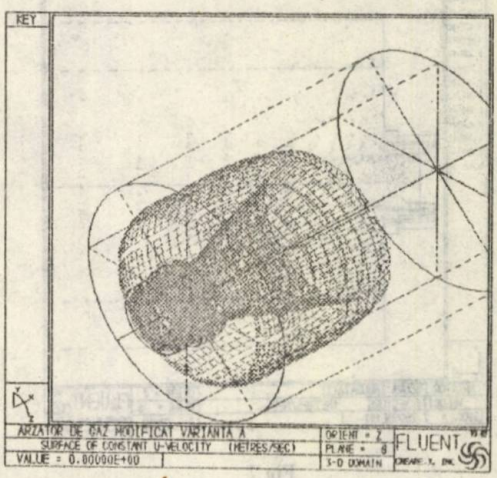


Fig.4

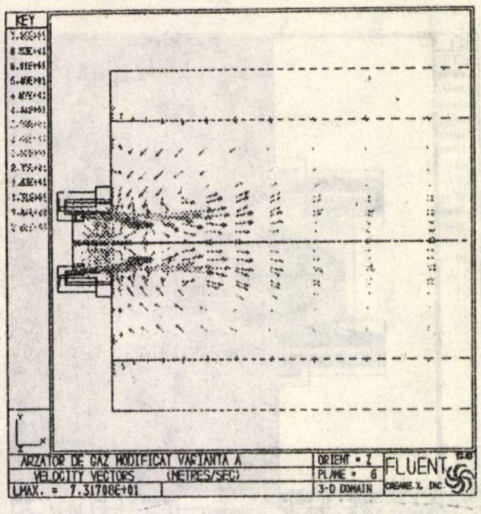


Fig.5

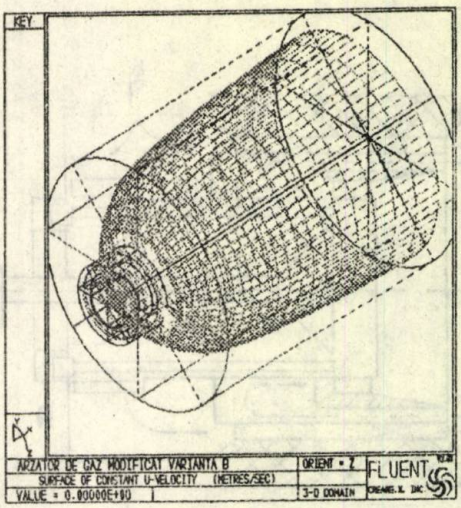


Fig.8

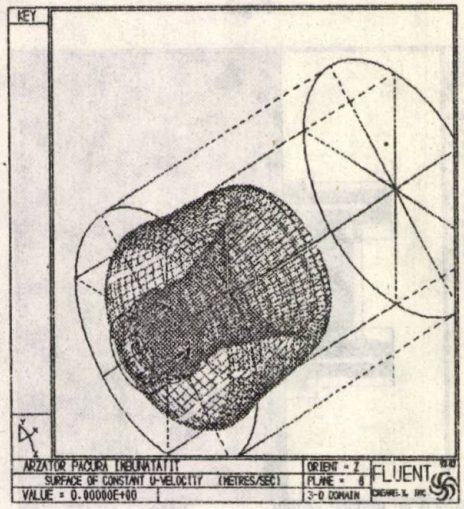


Fig.6

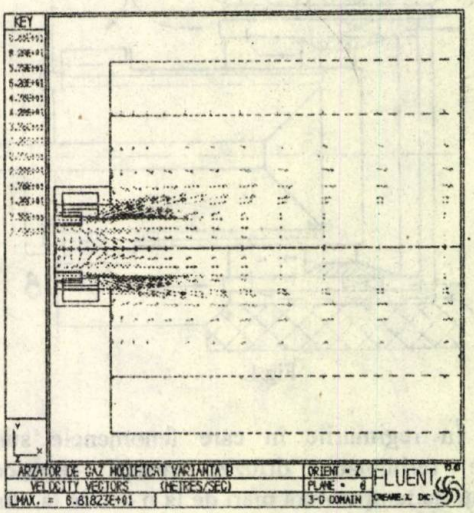


Fig.9

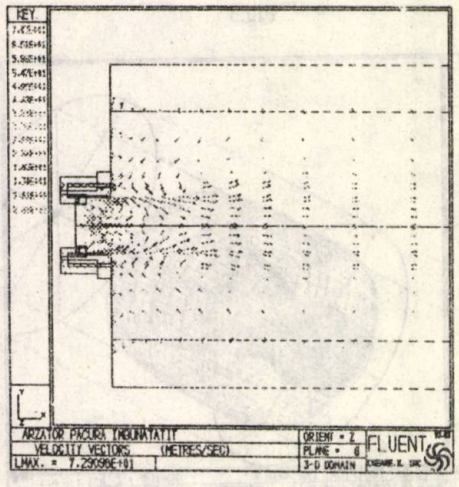


Fig.7

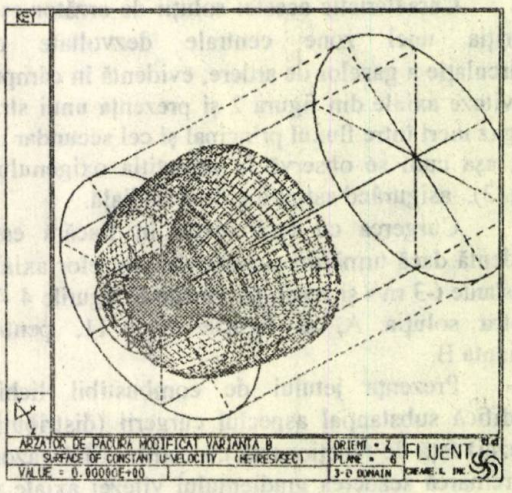


Fig.10

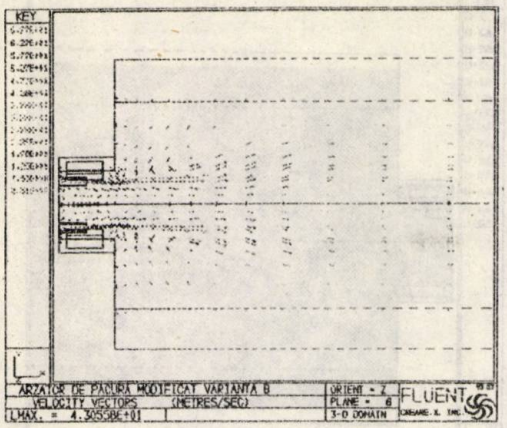


Fig.11

Distribuţia gradată a temperaturii şi a oxigenului în flacără a dus la limitarea formării oxizilor de azot. Repartiţia CO_2 în volumul de control arată cum se desfăşoară procesele de ardere în flacără. Distribuţia CO_2 în flacără la funcţionarea cu combustibil gazos şi lichid este prezentată în figurile 12 şi 14, pentru arzătorul model A, şi în figurile 16 şi 18, pentru varianta B.

Se observă (fig. 13, 15, 19) că emisia slabă de NO în lungul flăcării ocupă zone puţin întinse şi puţin concentrate, situate în a doua treaptă de ardere. Concentraţia de NO_x este ceva mai mare la funcţionarea pe gaz a arzătorului model B (fig. 17).

Din figurile 20 şi 21, care se referă la concentraţia oxigenului şi la distribuţia temperaturii în secţiunea transversală a flăcării, se observă că în zonele cu temperaturi mari conţinutul de O_2 este scăzut, situaţie favorabilă pentru limitarea emisiei de NO_x.

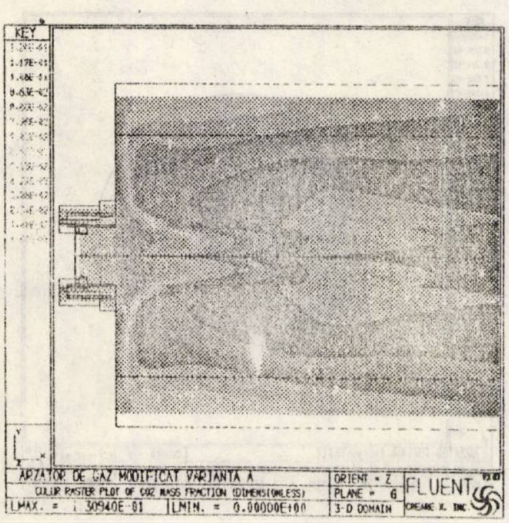


Fig.12

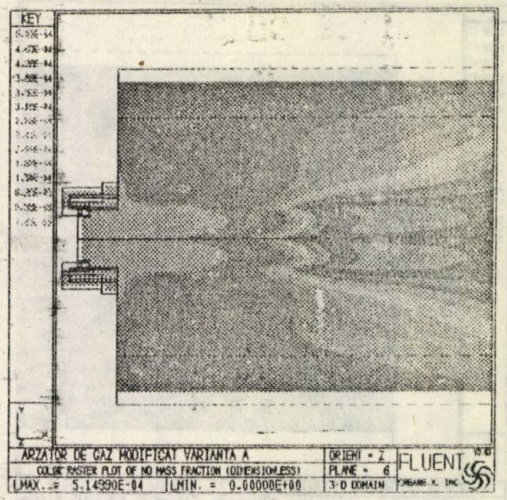


Fig.13

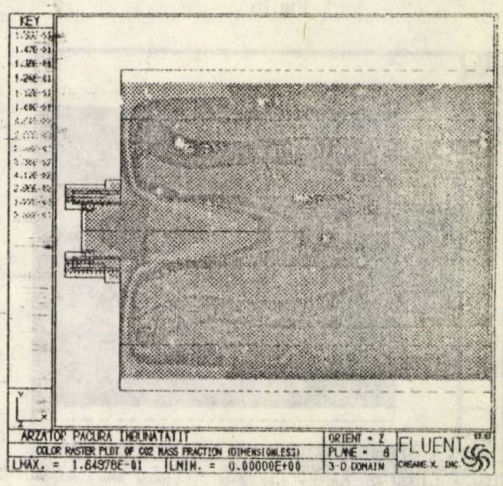


Fig.14

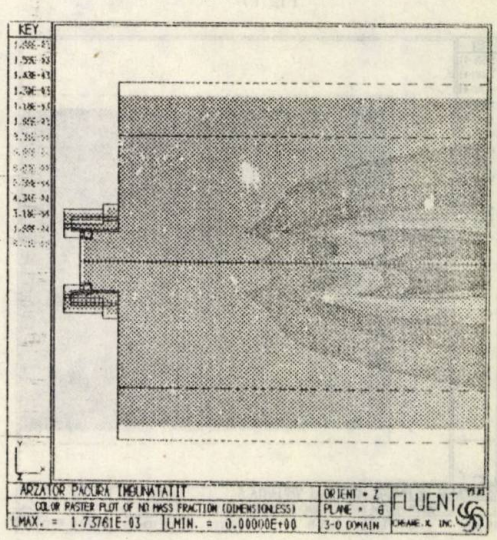


Fig.15

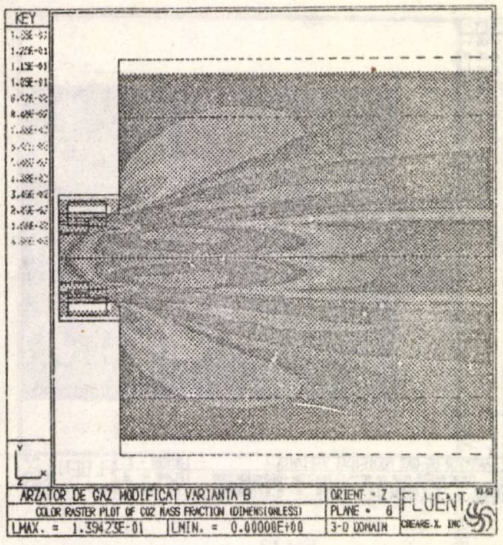


Fig.16

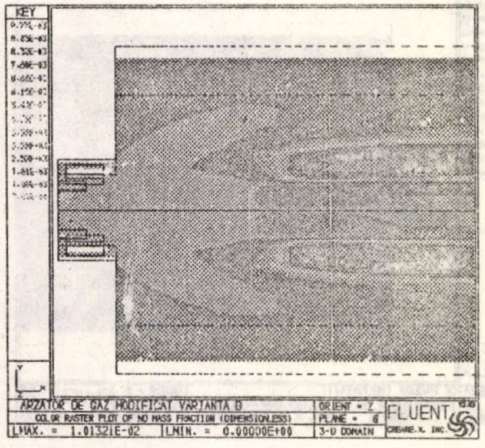


Fig.17

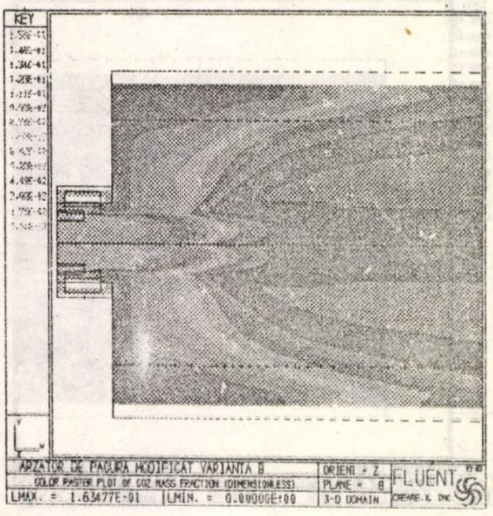


Fig.18

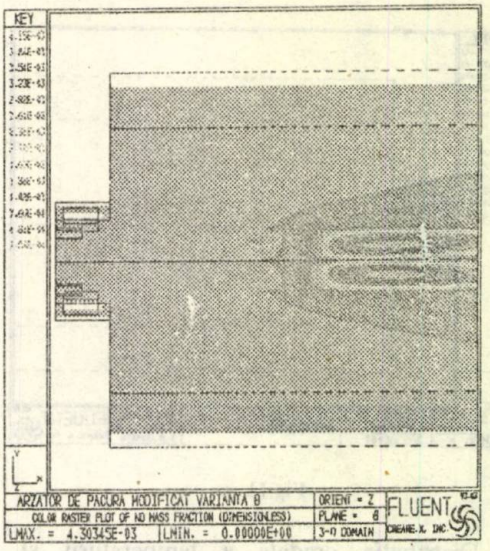


Fig.19

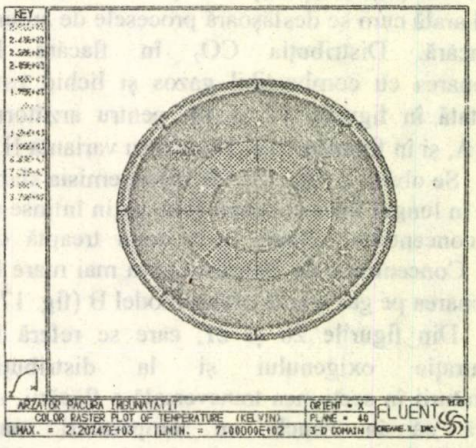


Fig. 20

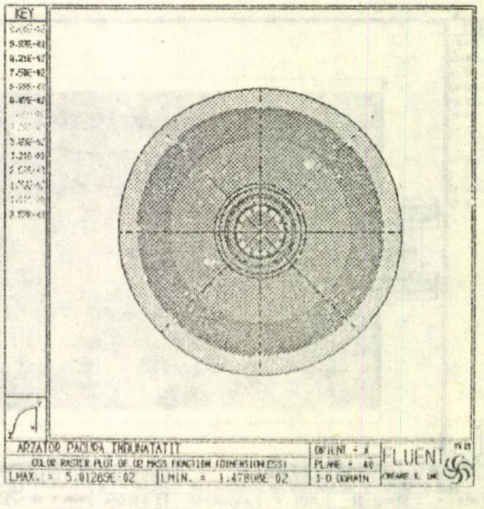


Fig.21

Arzătoarele model studiate, faţă de arzătoarele de aceeaşi putere aflate pe cazane în exploatare, oferă valori de circa 2,8 ori mai mici la funcţionarea pe păcură şi cu 22% mai reduse la funcţionarea cu gaze naturale.

Modelul A este mai performant, asigură o emisie scăzută de NO_x , atât la funcţionarea cu combustibil lichid, cât şi gazos.

Soluţia A urmează să fie testată pe cazan.

Rezultatele experimentale ce vor fi obţinute vor fi comparate şi corelate cu datele de calcul. În acest fel se va putea stabili o soluţie corespunzătoare pentru un arzător cu NO_x scăzut. Va fi obţinută o nouă generaţie de arzătoare şi o metodă pentru a putea prestabili caracteristicile flăcării.

Introducerea noii generaţii de arzătoare de hidrocarburi cu emisie redusă de NO_x, în termocentralele electrice şi industriale este cerută de normele de protecţia aerului.

În următorii ani România va fi interesată de astfel de arzătoare.

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x FLUENT. Version 3.03 *Manual de utilizare CREARE INC.*, New Hampshire, 1990.

[2] Mihăescu L., Cristea E.D., *Arzătoare turbionare*, Ed. Tehnică, Bucureşti 1986.

Referent: ing. Cristian Totolo - RENEL - GSCI

(Primit la 17 iulie 1996, acceptat la 18 septembrie 1996)

Informaţii

Prezentare sumară a procesului marketing al furnizorului de energie electrică pe baza practicii EDF

GERARD GATLLARD
director adjunct la EDF-GDF, Clevenout Fernand, Franţa

Generalităţi despre marketing. Definiţia marketingului

Marketingul reprezintă ansamblul acelor mijloace care stau la dispoziţia societăţii economice, cu care firma poate delimita piaţa de desfacere a produselor şi serviciilor sale, respectiv le poate extinde sau menţine (prin produse se înţeleg diferite utilizări ale energiei electrice).

Marketingul reprezintă arta prin care clienţii-consumatorii pot fi satisfăcuţi şi mai mult. Deviza lui: calitatea oferită clienţilor, serviciile şi valoarea adăugată (valoarea adăugată se realizează prin segmentarea pieţei, prin acţiuni concentrate pe grupe speciale, respectiv prin comunicare).

Totodată, marketingul reprezintă o atitudine specifică, o mentalitate aparte, prin care firma trebuie să se apropie de piaţă printr-o abordare nouă. Se trece treptat de la o perioadă în care consumatorul nu are posibilităţi de alegere la o perioadă în care clientul are în faţă oferte multiple. Clienţii devin tot mai pretenţioşi şi informaţi.

Firma trebuie să urmărească pretenţiile consumatorilor, firmele cu o structură şi activitate asemănătoare şi piaţa. Serviciile, satisfăcând toate pretenţiile, trebuie oferite în aşa fel încât consumatorul să fie atras şi păstrat ca client.

Conţinutul marketingului

Marketingul presupune : analiza de dinainte de acţiune, acţiunea şi apoi analiza de după acţiune (analiza este teritoriul marketingului strategic).

Analiza de dinainte de acţiune are o parte de analiză internă şi una de analiză externă.

În cursul **analizei externe** trebuie studiat "mediul exterior" din punct de vedere calitativ şi cantitativ. Analiza externă se poate orienta asupra:

- *mediului:* trebuie determinate direcţiile principale ale formării mediului pentru descoperirea pericolelor şi posibilităţilor ce pot apărea pe diverse planuri - geografic, demografic, economic, politic (concret: se studiază puterea de cumpărare potenţială şi structura populaţiei pe diferite pieţe);
- *concurenţei:* trebuie identificate cele mai periculoase firme concurente, precum şi avantajul firmei faţă de concurenţă;
- *partenerilor :* pe ce specialişti (în domeniul electric, antreprize de construcţii) se poate sprijini firma în lărgirea sferei produselor şi serviciilor;
- *pieţei:* trebuie definite sectoarele pieţei, structura şi mărimea pieţelor de studiat, trebuie alese segmentele principale (segmentele pieţei sunt grupurile cu comportare şi pretenţii omogene) .

Analiza *cantitativă* se poate referi la:
- mărimea pieţelor;
- transformările din activitatea industrială;
- vârsta instalaţiilor.

De exemplu: la blocurile de locuinţe se poate studia anul construcţiei, numărul de locuinţe/bloc, modul de încălzire, cantitatea de energie utilizată.

Analizele *calitative* se pot referi la:
- motivaţia produselor şi serviciilor şi raportul lor;
- "image"-ul energiei şi al furnizorului;
- obiceiurile de consum;
- tipologia serviciilor oferite clienţilor.

Scopul analizei externe este identificarea pericolelor şi oportunităţilor.

➪ (continuare în p. 171)

CONSTRUCŢIA DIAGRAMEI DE ARDERE PENTRU UN AMESTEC FORMAT DINTR-UN COMBUSTIBIL SOLID (SAU LICHID) ŞI UN COMBUSTIBIL GAZOS, ASISTATĂ DE CALCULATOR

prof. dr. ing. MARIA ŞOVA, şef lucr. ing. DAN CENTEA, prof dr. ing. VASILE ŞOVA, asist. ing. DANIELA ŞOVA *

Lucrarea cuprinde modelul matematic şi reprezentarea grafică pe calculator a diagramei (triunghiului) de ardere pentru un amestec de combustibil solid (sau lichid) şi un combustibil gazos pentru întregul domeniu de valori ale participaţiei volumului de combustibil gazos în amestec cu un kilogram de combustibil solid (sau lichid).

Se prezintă câteva exemple de utilizare a diagramei de ardere, iar în anexă este listată pe imprimantă diagrama (triunghiului) de ardere construită pentru un amestec de lignit şi gaz natural, realizat cu ajutorul unui program scris în Turbo PASCAL, în format specific sistemului de proiectare asistată de calculator Auto CAD.

The paper includes the mathematical model as well as the computer aided graphics of the combustion diagram (triangle) for a fuel mixture consisting of a solid (or liquid) fuel and a gaseous fuel for the whole value range of the mixture ratio.

Several examples as to the use of the combustion diagram are presented, while the appendix includes the graphical combustion diagram for a lignite - natural gas mixture, developed in Turbo PASCAL, following the AutoCAD computer aided design system rules.

Descriptori: diagrame de ardere, modelarea arderii, arderea combustibililor fosili

Controlul arderii unui amestec de combustibili format dintr-un combustibil solid (sau lichid) şi un combustibil gazos poate fi cu uşurinţă urmărit cu ajutorul diagramei de ardere (triunghiul arderii), construită pentru amestecul respectiv de combustibili.

În lucrare se prezintă modelul matematic şi reprezentarea grafică pe calculator a diagramei de ardere pentru orice amestec de combustibil solid(sau lichid) şi combustibil gazos, pentru întregul domeniu de valori al amestecului unui volum de combustibil gazos cu un kilogram de combustibil solid (sau lichid), în funcţie de compoziţia de lucru dată sub forma participaţiilor volumice, respectiv masice ale celor doi combustibili participanţi în amestec.

Se consideră în acest scop un kilogram de combustibil solid (sau lichid) a cărui compoziţie elementară exprimată în procente masice este:

$$C^i + H^i + S_c^i + N^i + O^i + A^i + W^i = 100\ [\%] \quad (1)$$

care se amestecă cu n m^{3**} de combustibil gazos, a cărui compoziţie elementară în stare anhidră exprimată în procente volumice este:

$$CO^c + H_2^c + H_2S^c + \sum C_m H_n^c + CO_2^c + SO_2^c + SO_3^c + O_2^c + N_2^c = 100\,[\%] \quad (2)$$

În cazul arderii complete cu exces de aer a combusubilului solid sau lichid, componenţii din gazele de ardere uscate, în procente de volum, se exprimă cu relaţiile:

$$CO_2 = 100\frac{V_{co2}}{V_{gu}} = 100\frac{1{,}867\frac{C^i}{100}}{1{,}867\frac{C^i}{100} + 0{,}7\frac{S_c^i}{100} + 0{,}8\frac{N^i}{100} + 0{,}79\,V_a^o + (\lambda - 1)\,V_a^o}\,[\%]; \quad (3)$$

$$O_2 = \frac{21(\lambda - 1)\,V_a^o}{V_{gu}} = \frac{21(\lambda - 1)\,V_a^o}{1{,}867\frac{C^i}{100} + 0{,}7\frac{S_c^i}{100} + 0{,}8\frac{N^i}{100} + 0{,}79\,V_a^o + (\lambda - 1)\,V_a^o}\,[\%]; \quad (4)$$

* Universitatea "Transilvania" Braşov

** în toată lucrarea se foloseşte m^3 în condiţii normale de presiune şi temperatură

$$CO = 100\frac{V_{co}}{V_{gu}} = 0\,, \qquad (5)$$

în care volumul teoretic de aer uscat necesar arderii complete este:

$$V_a^0 = \frac{1}{21}(1{,}867\,C^i + 5{,}6\,H^i + 0{,}7\,S_c^i - 0{,}7\,O^i)\left[\frac{m^3}{kgcomb.}\right]. \qquad (6)$$

Pentru coeficientul de exces de aer $\lambda = 1$, $CO_2 = CO_{2\,max}$, iar pentru $\lambda = \infty$, $O_2 = O_{2\,max} = 21$.

Exprimând rapoartele $CO_2/CO_{2\,max}$ şi $O_2/21$ şi însumându-le, se obţine:

$$\frac{CO_2}{CO_{2\,max}} + \frac{O_2}{21} = 1, \qquad (7)$$

care într-un sistem de axe de coordonate O_2 în abscisă şi CO_2 în ordonată, reprezintă ecuaţia unei drepte, ce va intersecta ordonata în punctul $A_1[O_2 = 0; CO_2 = CO_{2\,max}]$ şi abscisa în punctul $B[O_2 = 21; CO_2 = 0]$, pentru $CO = 0$ (fig.1).

Pentru arderea completă a combustibilului gazos, componenţii din gazele de ardere uscate, în procente de volum, se vor determina cu relaţiile:

$$CO_2 = 100\frac{V_{CO_2}}{V_{gu}} =$$

$$= \frac{CO^c + CO_2^c + \sum m C_m H_n^c}{\frac{CO^c}{100} + \frac{CO_2^c}{100} + \sum m\frac{C_m H_n^c}{100} + \frac{H_2S^c}{100} + \frac{N_2^c}{100} + 0{,}79\,V_a^0 + (\lambda - 1)V_a^0}[\%] \qquad (8)$$

$$O_2 = \frac{21(\lambda - 1)V_a^0}{V_{gu}} =$$

$$= \frac{21(\lambda - 1)V_a^0}{\frac{CO^c}{100} + \frac{CO_2^c}{100} + \sum m\frac{C_m H_n^c}{100} + \frac{H_2S^c}{100} + \frac{N_2^c}{100} + 0{,}79\,V_a^0 + (\lambda - 1)V_a^0}[\%] \qquad (9)$$

în care volumul teoretic de aer uscat necesar arderii complete se obţine din relaţia:

$$V_a^0 = \frac{1}{21}(0{,}5\,CO^c + 0{,}5\,H_2^c + 1{,}5\,H_2S^c + \sum(m + \frac{n}{4})C_m H_n^c - O_2^c)\cdot\left[\frac{m^3}{m^3 comb}\right]. \qquad (10)$$

În mod analog se poate exprima ecuaţia dreptei, conform relaţiei (7), care va intersecta ordonata în punctul $A_2[O_2 = 0; CO_2 = CO_{2\,max}]$ şi abscisa în punctul $B_2[O_2 = 21; CO_2 = 0]$, pentru $CO = 0$ (vezi fig.1).

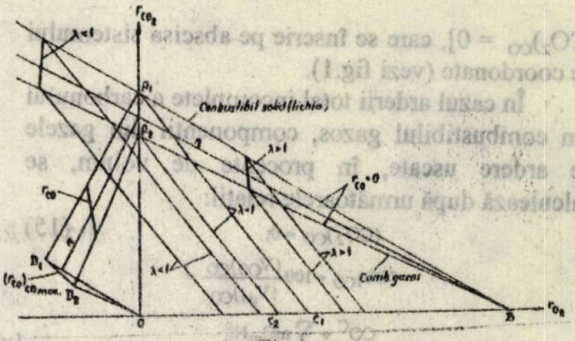


Fig.1.

Dacă se dau valori lui λ [0,7; 0,8; 0,9; 1,1; 1,2; 1,3 ... 2; 2,5; 3; 5; 10; ∞], se pot determina perechile de valori pentru $[CO_2, O_2]$, care vor defini pe dreptele A_1B şi A_2B punctele corespunzătoare arderii complete cu exces variabil de aer a celor doi combustibili.

În cazul arderii total incomplete a carbonului din combustibilul solid (sau lichid), componenţii din gazele de ardere uscate, în procente de volum, se determină cu relaţiile:

$$(CO_2)_{CO} = 100\frac{(V_{CO_2})_{CO}}{(V_{gu})_{CO}} = 0; \qquad (11)$$

$$(CO)_{CO} = 100\frac{(V_{CO})_{CO}}{(V_{gu})_{CO}} =$$

$$= 100\frac{1{,}867\frac{C^i}{100}}{1{,}867\frac{C^i}{100} + 0{,}7\frac{S_c^i}{100} + 0{,}8\frac{N^i}{100} + 0{,}79(V_a^0)_{CO} + \lambda V_a^o - (V_a^o)_{CO}}[\%]; \qquad (12)$$

$$(O_2)_{CO} = \frac{21\left[\lambda V_a^0 - (V_a^0)_{CO}\right]}{(V_{gu})_{CO}} =$$

$$= \frac{21\left[\lambda V_a^0 - (V_a^0)_{CO}\right]}{1{,}867\frac{C^i}{100} + 0{,}7\frac{S_c^i}{100} + 0{,}8\frac{N^i}{100} + 0{,}79(V_a^0)_{CO} + \lambda V_a^o - (V_a^o)_{CO}}[\%]. \qquad (13)$$

în care volumul teoretic de aer uscat în cazul arderii incomplete pentru un kilogram de combustibil solid (sau lichid), rezultă din ecuaţia:

$$(V_a^0)_{CO} = \frac{1}{21}(0{,}933\,C^i + 5{,}6\,H^i + 0{,}7S_c^i - 0{,}7\,O^i)\left[\frac{m^3}{kg\,comb.}\right]. \qquad (14)$$

Pentru $\lambda = 1$, conform relaţiilor (12) şi (13) rezultă $(CO)_{CO} = y_1$ şi $(O_2)_{CO} = x_1$. Punctul caracteristic arderii incomplete a combustibilului solid (sau lichid) este punctul $C_1[(O_2)_{CO} = x_1;$

$(CO_2)_{CO} = 0$], care se înscrie pe abscisa sistemului de coordonate (vezi fig.1).

În cazul arderii total incomplete a carbonului din combustibilul gazos, componenţii din gazele de ardere uscate, în procente de volum, se calculează după următoarele relaţii:

$$(CO_2)_{CO} = 0; \tag{15}$$

$$(CO)_{CO} = 100\frac{(V_{CO})_{CO}}{(V_{gu})_{CO}} = \frac{CO^C + \sum m C_m H_n^c}{\frac{CO^C}{100} + \sum m\frac{C_m H_n^c}{100} + \frac{H_2S^c}{100} + \frac{N_2^c}{100} + 0{,}79(V_a^0)_{CO} + \lambda V_a^0 - (V_a^0)_{CO}}[\%]; \tag{16}$$

$$(O_2)_{CO} = \frac{21\left[\lambda V_a^0 - (V_a^0)_{CO}\right]}{(V_{gu})_{CO}} = \frac{21\left[\lambda V_a^0 - (V_a^0)_{CO}\right]}{\frac{CO^C}{100} + \sum m\frac{C_m H_n^c}{100} + \frac{H_2S^c}{100} + \frac{N_2^c}{100} + 0{,}79(V_a^0)_{CO} + \lambda V_a^0 - (V_a^0)_{CO}}[\%] \tag{17}$$

în care volumul teoretic de aer uscat în cazul arderii incomplete a unui m^3 de combustibil gazos, se calculează cu relaţia:

$$(V_a^0)_{CO} = \frac{1}{21}\left[0{,}5H_2^C + 1{,}5H_2S^C + 0{,}5\sum\left(m + \frac{n}{2}\right)C_m H_n^C\right]\left[\frac{m^3}{m^3 comb.}\right]. \tag{18}$$

Înlocuind valoarea lui $\lambda = 1$ în relaţiile (16) şi (17), se obţin $(CO)_{CO} = z_2$ şi $(O_2)_{CO} = z_2$, ceea ce corespunde punctului C_2 [$(O_2)_{CO} = x_2$; $(CO_2)_{CO} = 0$] de pe abscisa diagramei (vezi fig.1).

Segmentele de dreaptă A_1C_1 şi A_2C_2 corespunzătoare celor doi combustibili, pentru $\lambda = 1$, determină perechile de valori [O_2, CO_2] cuprinse între arderea completă şi arderea total incompletă a carbonului. Dând valori lui $\lambda \in [0{,}7; \infty]$ şi calculând $(O_2)_{CO}$ după relaţia (17), se pot reprezenta grafic dreptele de λ = constant, prin unirea punctelor de acelaşi λ de pe dreptele A_1B şi A_2B cu punctele C înregistrate pe abscisă.

Valoarea minimă a coeficientului de exces de aer se determină pentru $(O_2)_{CO} = 0$ şi rezultă:

$$\lambda_{min} = \frac{(V_a^0)_{CO}}{V_a^0}, \tag{19}$$

pentru care participaţia monoxidului de carbon devine maximă, $(CO)_{COmax}$.

Dreptele de CO = constant, cuprinse între CO = 0 şi $(CO)_{COmax}$, se construiesc ducând paralele de la dreptele A_1B şi A_2B, corespunzătoare lui CO = 0, prin punctele D_1 şi D_2 rezultate din împărţirea perpendicularelor duse în punctele A_1, respectiv A_2 pe dreptele A_1B şi A_2B în $(CO)_{COmax}$ părţi egale, corespunzător celor doi combustibili (fig.1).

În cazul arderii amestecului celor doi combustibili, componenţii din gazele de ardere în procente de volum se calculează pe baza relaţiilor descrise mai sus. Astfel, pentru arderea completă a amestecului:

$$(CO)_{am} = 100\frac{(V_{CO})_{am}}{(V_{gu})_{am}} = 0\ [\%]; \tag{20}$$

$$(CO_2)_{am} = 100\frac{(V_{CO_2})_{am}}{(V_{gu})_{am}} = 100\frac{(V_{CO_2})_{cs} + n(V_{CO_2})_{cg}}{(V_{gu})_{sc} + n(V_{gu})_{cg}}[\%]; \tag{21}$$

$$(O_2)_{am} = \frac{21(\lambda - 1)(V_{a_{cs}}^c + nV_{a_{cg}}^0)}{(V_{gu})_{cs} + n(V_{gu})_{cg}}\ [\%], \tag{22}$$

unde $(CO_2)_{cs}$, $(V_a^0)_{cs}$ şi $(V_g)_{cs}$ sunt volumele de bioxid de carbon, de aer şi de gaze de ardere uscate pentru combustibilul solid (lichid) şi $(V_{CO})_{cs}$, $(V_a^0)_{cg}$ şi $(V_g)_{cg}$, pentru combustibilul gazos, iar n este raportul de amestec.

Pentru arderea total incompletă a carbonului din amestecul de combustibili, componenţii din gazele de ardere uscate, în procente de volum, se exprimă cu relaţiile:

$$(CO_2)_{CO_{am}} = 100\frac{(V_{CO_2})_{CO_{am}}}{(V_{gu})_{CO_{am}}} = 0\ [\%]; \tag{23}$$

$$(CO)_{CO_{am}} = 100\frac{(V_{CO})_{CO_{am}}}{(V_{gu})_{CO_{am}}} = 100\frac{(V_{CO})_{CO_{cs}} + (V_{CO})_{CO_{cg}}}{(V_{gu})_{CO_{cs}} + n(V_{gu})_{CO_{cg}}}\ [\%]; \tag{24}$$

$$(O_2)_{CO_{am}} = \frac{21\left\{\left[\lambda V_a^0 - (V_a^0)_{CO}\right]_{sc} + n\left[\lambda V_a^0 - (V_a^0)_{CO}\right]_{cg}\right\}}{(V_{gu})_{CO_{cs}} + n(V_{gu})_{CO_{cg}}}[\%]. \tag{25}$$

Pentru diferite valori ale raportului de amestec n[0,1 ... 10] se pot calcula, conform relaţiilor (20) ... (22), perechile de valori [O_2, CO_2] pentru arderea completă a amestecului, pentru diferite valori ale coeficientului de exces de aer, care reprezentate în diagramă se vor înscrie pe un fascicul de drepte cuprinse între dreptele A_1B şi A_2B (fig.1).

În cazul arderii total incomplete a carbonului din amestecul de combustibili, se calculează $(O_2)_{CO_{am}}$ din relaţia (25), pentru diferite rapoarte de amestec, valori care se vor reprezenta pe abscisa diagramei. Acestea vor determina un fascicul de drepte de λ = constant, cuprinse între dreptele de

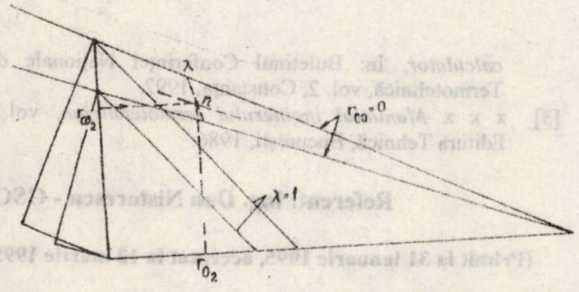
λ = constant pentru cei doi combustibili din amestec. În mod analog, se reprezintă punctele corespunzătoare valorilor $(CO)_{CO_{am}}$ (24), în domeniul cuprins între perpendicularele ridicate pe dreptele A_1B şi A_2B din punctele A_1 şi A_2, care vor determina dreptele de $(CO)_{am}$ = constant.

Pe baza modelului matematic prezentat, s-a realizat un program utilizabil pe un microcalculator PC. Programul solicită la intrare procentele masice ale componenţilor combustibilului solid (sau lichid), respectiv procentele volumice ale componenţilor combustibilului gazos, care realizează un fişier SCRIPT scris în format specific sistemului de proiectare asistată de calculator AutoCAD. Programul ACAD preia datele introduse în programul de calcul şi realizează, fără intervenţia utilizatorului, diagrama de ardere pentru orice amestec de combustibil solid (sau lichid) şi combustibil gazos.

Diagrama urmărită pe monitorul calculatorului poate fi reprezentată pe o imprimantă grafică în format A_4 sau A_3 sau pe un ploter în format mare.

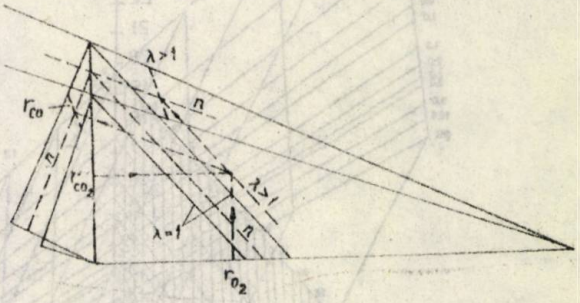
În anexă este prezentată, ca exemplu, diagrama de ardere pentru un amestec de lignit şi gaz natural, realizată cu ajutorul programului întocmit şi listată pe o imprimantă grafică.

Diagrama de ardere prezentată permite, pe baza analizei compoziţiei gazelor de ardere, determinarea mărimilor caracteristice controlului procesului de ardere al unui amestec de combustibil solid (sau lichid) şi combustibil gazos. În figurile 2, 3 şi 4 se prezintă câteva exemple de utilizare a diagramei de ardere construită pentru un amestec de combustibil solid (sau lichid) şi gazos.



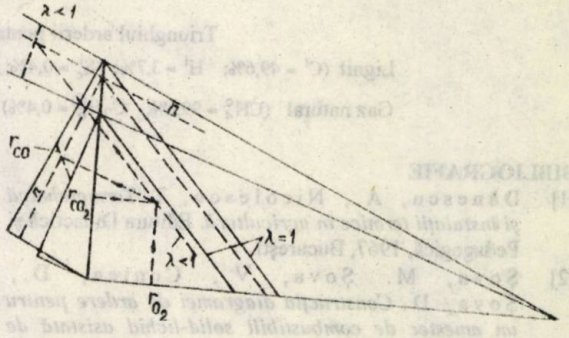
Mărimi		Observaţii
Cunoscute	Determinate	
CO_2	n	Ardere completă
O_2	$\lambda > 1$	în exces de aer

Fig.2.



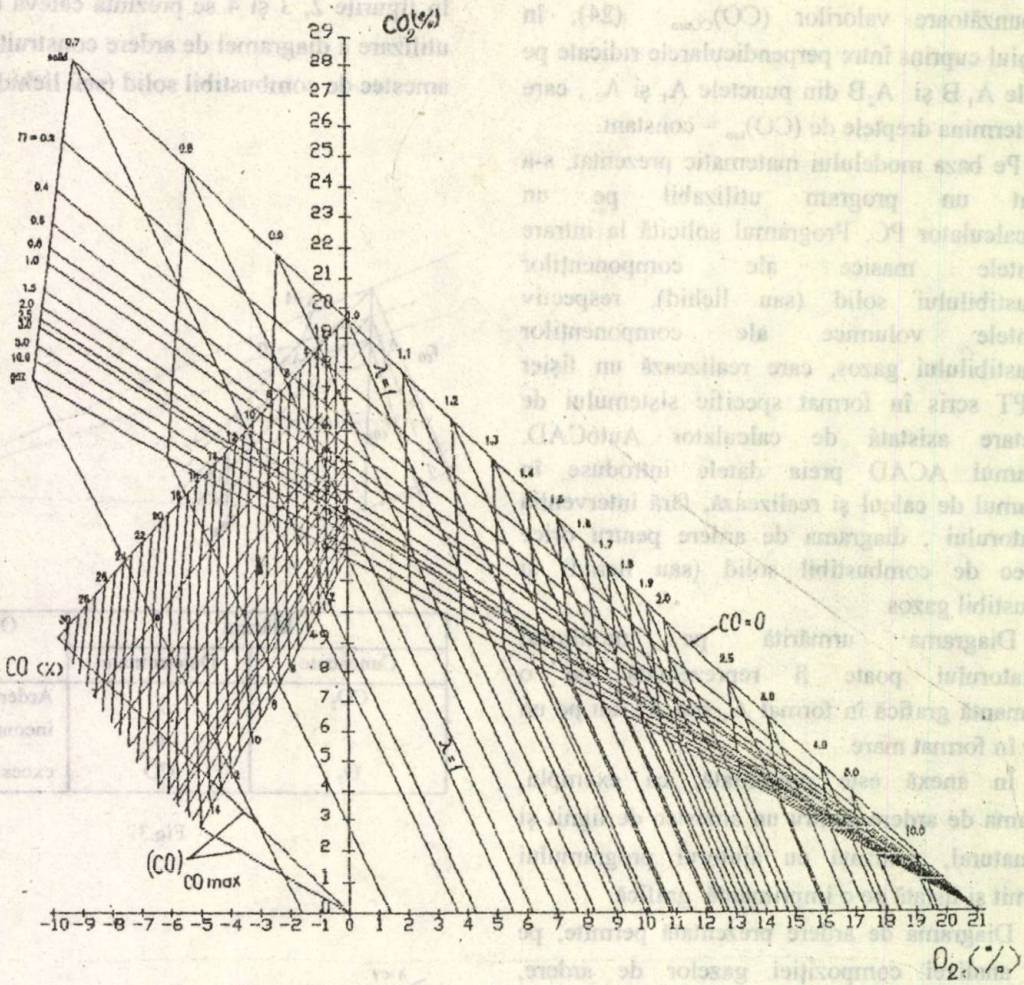
Mărimi		Observaţii
Cunoscute	Determinate	
CO_2	λ	Ardere
	n	incompletă în
O_2	CO	exces de aer

Fig.3.



Mărimi		Observaţii
Cunoscute	Determinate	
CO_2	$\lambda < 1$	Ardere
	n	incompletă în
O_2	CO	deficit de aer

Fig.4.



Triunghiul arderii pentru amestec de combustibil.

Lignit (C^i = 49,6%; H^i = 3,7%; S^i_c = 0,4%; O^i = 18,7%; N^i = 0,6%; W^i = 20%; A^i = 7%)

Gaz natural (CH^c_4 = 99,6%; $C_2H^c_6$ = 0,4%)

BIBLIOGRAFIE

[1] Dănescu, A., Nicolescu, T. *Termotehnică şi instalaţii termice în agricultură.* Editura Didactică şi Pedagogică, 1967, Bucureşti.

[2] Şova, M. Şova, V., Centea, D., Şova, D. *Construcţia diagramei de ardere pentru un amestec de combustibili solid-lichid asistată de calculator.* In: Buletinul Conferinţei Naţionale de Termotehnică, vol. 2, Constanţa, 1992.

[3] x x x *Manualul inginerului termotehnician,* vol.1, Editura Tehnică, Bucureşti, 1986.

Referent: ing. Dan Nisterescu - GSCI

(Primit la 31 ianuarie 1995, acceptat la 12 martie 1995)

SISTEME DE CONDUCERE PRIN CALCULATOR A CENTRALELOR ELECTRICE

ing. ION FĂTU*, ş.l. ing. GHEORGHE LĂZĂROIU**

În acest articol se prezintă principalele sisteme de conducere şi arhitecturile specifice, precum şi rolul supervizorului la sistemele distribuite. Sunt precizate nivelurile ierarhice de conducere, funcţiile acestora şi restricţiile asupra variabilelor. Pornind de la regimurile de funcţionare sunt precizate obiectivele optimizării şi exemplificate buclele locale de reglare, precum şi dinamica modificării referinţelor. Este prezentat, de asemenea, conceptul general de control şi direcţiile cercetărilor viitoare.

The paper presents the main control systems and their specific architectures as well as the supervisor's role in the distributed systems. The control hierorchical levels, their functions and constraints on the variables are specified.

On the basis of the operating modes, the optimization goals are derived. At the same time the local control loops and the dynamics of the references alteration are illustrated. The general control concept is presented as well as the future research trends.

Descriptori: conducere, control, sisteme distribuite

Introducere

Dezvoltarea tehnologică şi necesitatea utilizării eficiente a energiei au influenţat benefic filozofia conducerii sistemelor complexe, fiind de semnalat următoarele:

- noile echipamente de calcul au devenit mai rapide, complexe şi fiabile;
- centralele electrice au devenit mai flexibile şi răspândite pe o arie largă;
- optimizarea ansamblului centralei din punctul de vadere al eficienţei este esenţială pentru reducerea costurilor şi creşterea beneficiului;
- integrarea şi interşanjabilitatea echipamentelor de conducere, control şi instrumentaţii fabricate de diverşi producători este esenţială în proiectarea sistemelor complexe;
- coordonarea globală a funcţionării, mentenanţei şi disponibilităţii blocului, centralei şi ansamblului sistemului este o parte esenţială a sistemului de conducere centralizată.

Proiectarea noilor sisteme trebuie să permită integrarea unui număr mare de centrale în strategia de conducere şi urmărire. Principalele sisteme de conducere sunt:

1. Conducere digitală directă, DDC (*Direct Digital Control)*, un sistem computerizat centralizat care foloseşte algoritmi digitali pentru a înlocui regulatorii analogi şi are posibilitatea captării semnalului.

2. Sistem de conducere distribuit, DCS (*Distributed Control System)*, un sistem computerizat integrat cu microprocesoare de proces şi echipamente de comunicare şi supervizare. Structura sistemului este ierarhică, permiţând urmărirea şi optimizarea funcţionării centralei prin control direct, iar extinderea sa se face prin reţeaua buss. În sistem sunt incluse regulatoare PID în timp real.

3. Sistem de conducere şi achiziţie de date centralizat, SCADA *(Supervisory Control And Data Acquisition)*, are un supervizor de conducere şi achiziţii de date printr-o reţea de calculatoare şi permite, dacă este necesar, o conducere autonomă a unităţilor. SCADA are tehnologii mai performante comparativ cu sistemele DCS.

Obiectivul principal al conducerii proceselor energetice este obţinerea beneficiului economic (adică, printre altele, creşterea eficienţei, a calităţii, fiabilităţii, disponibilităţii, reducerea costurilor de exploatare etc.) prin funcţii de conducere centralizată cu supervizor şi funcţii de decizie managerială.

Arhitectura sistemelor de conducere

Sistemele de conducere pot avea arhitectură centralizată sau descentralizată.

* RENEL - Filiala Electrocentrale Bucureşti
** Facultatea de Energetică - U.P. Bucureşti

Arhitectura centralizată, aplicabilă sistemelor DDC, este caracterizată prin existenţa unui singur calculator la care sunt aduse mărimile de proces controlate. Calculatorul central execută toate operaţiile de calcul şi transmite comenzile procesului. Acest fapt necesită ca toate achiziţiile de date, procesarea, monitorarea şi managementul acestora să fie executate în timp real.

Arhitectura distribuită, aplicabilă sistemelor DCS şi SCADA, se caracterizează prin aceea că sarcinile de conducere sunt îndeplinite de mai multe calculatoare, legate între ele printr-o linie de comunicaţie. Fiecare sarcină de conducere reprezintă un set de funcţii de conducere, clasificate şi executate local. Comunicarea dintre sarcinile de conducere se face printr-un modul de nivel superior, care a fost iniţiat să monitoreze sau să controleze execuţia sarcinilor de nivel inferior, fiind prin urmare o funcţie distribuită.

Dezvoltarea unui sistem eficient de management al datelor şi informaţiilor, presupune ca fiecare calculator să fie capabil să efectueze, cantitativ şi calitativ, sarcina pentru care a fost proiectat. Acest fapt are implicaţii asupra proiectării reţelei de comunicaţii şi asupra arhitecturii sistemului de control, determinând fluxul de informaţii care urmează a fi prelucrat independent de fiecare maşină, necesitând o anumită flexibilitate.

Sunt două forme de arhitectură distribuită: orizontal şi ierarhic sau vertical.

Arhitectura distribuită orizontal, la care procesul este împărţit într-un număr de subprocese, alocate la o unitate de calcul local, care execută toate sarcinile asociate conducerii complete a procesului. Coordonarea conducerii se realizează printr-o linie de transmisii de date care transferă informaţiile esenţiale tuturor calculatoarelor distribuite orizontal. Acest sistem de conducere se pretează cel mai bine utilizării în sistemele secvenţiale la care ieşirea dintr-un proces constituie intrare în următorul. Dezavantajele acestei arhitecturi sunt optimizarea globală dificilă, duplicarea hardului şi softului instalat.

Arhitectura distribuită ierarhic sau vertical este superioară din toate punctele de vedere arhitecturii centralizate şi celei distribuite orizontal, prin aceea că modelul sistemului ierarhic închis este dominant în activităţile industriale şi comerciale, care sunt în esenţă afaceri, şi mecanismul deciziei este ierarhic.

Structura sistemelor de conducere distribuite este prezentată în figura 1.

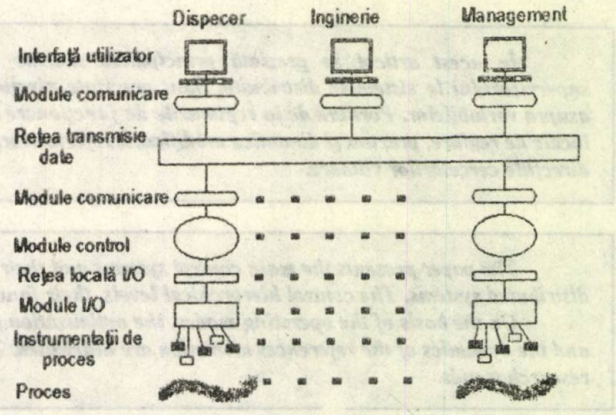


Fig.1. Configuraţia de bază a sistemelor DCS.

Funcţiile de bază ale unui sistem de conducere distribuit, DCS, sunt:

1 - *funcţii de conducere principale*, care se referă la conducerea directă a subproceselor de pe nivelul local şi includ bucle de reglaj direct, de reacţie, de compensare, amplificare, comparare, etc. Instrumentaţia aferentă constituie instrumentaţie primară;

2 - *funcţii de conducere secundare*, care se referă la nivelurile ierarhice superioare şi cuprind sarcinile pentru supervizare, monitorare, mentenanţă şi optimizare, ca, de exemplu, indicatori de stare, rutine pentru alarmare, pornire, oprire forţată, optimizare. Sistemul DCS are rol major în executarea funcţiilor de conducere secundare, iar instrumentaţia asociată se numeşte instrumentaţie secundară.

Pentru modulele elementare din figura 1 se pot face consideraţiile:

- *Modulele I/O* constituie interfaţa principală dintre DCS şi procesul condus şi cuprind instrumentaţii digitale pentru semnale intrare/ieşire citite la comanda input, filtre semnal, contacte de deblocare, logică de nivel inferior şi alarmare locală. O placă I/O a unui calculator poate avea multiple intrări şi/sau ieşiri. Aceste plăci trebuie să fie fiabile şi să asigure acurateţea şi linearitatea semnalului, având facilităţi de protecţie şi izolare contra undelor electromagnetice sau radio.

- *Reţeaua locală I/O* leagă modulele locale pentru comunicarea între acestea şi modulul

de comandă. Comunicaţia, de înaltă fidelitate, este serie sau paralel cu viteză de transmisie redusă (0.5 Mbit/s).

• *Modulele de control* citesc, reactualizează şi calculcază noul câmp de date. Aceste rutine controlează subprocesul, executând şi algoritmul regulatoarelor PID. Funcţiile de conducere primare şi secundare executate de aceste module sunt: controlul caracteristicii şi filtrarea semnalului I/O, alarmare, logica de control, interblocările, secvenţa de control, sincronizarea şi raportarea semnalului, precum şi comanda inversă. Hardul modulelor de control este format din microprocesoare, calculatoare de proces, calculatoare PC, staţii de lucru etc. Esenţiale în alegerea hardului modulelor de control sunt cerinţele de memorie, timpii de execuţie, de aşteptare şi de I/O, sistemul de operare şi posibilităţile de soft pentru I/O, durata de ciclare şi cerinţele RAM.

• *Modulele de comunicare* leagă modulele la reţeaua de date. Acestea sunt calculatoare, staţii de lucru şi altele (servere), având rol principal de gestionare a datelor, astfel că la alegerea lor esenţiale sunt memoria, viteza şi numărul de module ce pot fi cuplate.

• *Reţeaua transmisie date* asigură comunicarea între module, putând fi lineară, buclată, ramificată sau o combinaţie a acestora. Esenţială pentru reţea este viteza de transmisie sincronă sau asincronă a datelor (1 Mbit/s), tipul protocolului de comunicare, rata şi distanţa de transmisie.

• *Interfaţa utilizator* cuprinde monitoare, tastatură numerică şi de operare, mouse, imprimante, ploter. Dimensiunile monitorului depind de accesibilitatea şi mulţimea datelor din proces, acurateţea imaginii, viteza de derulare şi securitatea informaţiei.

• *Softul* unui sistem de conducere distribuit, DCS, trebuie să fie capabil să execute funcţiile ce-i revin în timp real; prin urmare, acesta nu este standardizat, ci propriu fiecărui sistem. Modulele de bază ale acestui soft sunt:

1 - *softul sistemului de operare*, care este softul de execuţie al sistemului de calcul şi trebuie să aibă posibilitatea execuţiei în timp real;

2 - *softul sistemului suport*, utilizat pentru a încărca şi dezvolta aplicaţiile program, numit şi sistemul programelor utilitare, cuprinzând, printre altele, editoare, compilatoare, programe de depanare şi link-editare;

3 - *softul aplicaţiilor* este specific configuraţiei sistemului şi conţine o librărie de rutine şi programe la care apelează utilizatorul pentru a comanda regulatoarele PID sau a dezvolta alte aplicaţii, fiind programe de firmă;

4 - *softul de comunicaţie* asigură comunicarea între calculatoarele locale şi între acestea şi reţeaua de transmisie a datelor.

Actualele sisteme de conducere distribuită sunt concepute ca sisteme deschise, permiţând astfel dezvoltarea lor viitoare atât hard, cât şi soft.

Supervizorul sistemelor de conducere distribuite

Complexitatea şi mărimea centralelor electrice necesită multe bucle de reglare simple sau duble, intercondiţionate între ele, astfel încît coordonarea acestora necesită un supervizor (sistem de supraveghere şi control centralizat), pentru optimizarea sistemului.

Un pas important în proiectarea supervizorului este specificarea funcţiilor acestuia, pentru a răspunde la următoarele întrebări:

• Care sunt sarcinile supervizorului ?

• Cum se pot grupa sarcinile în funcţii de control primar şi secundar ?

• Cum pot fi îndeplinite aceste sarcini ?

• Care sunt resursele necesare pentru implementarea supervizorului ?

Avantajele conducerii cu supervizor central sunt:

• *creşterea puterii unitare conduse*, care duce implicit la reducerea costurilor de producţie şi totodată la o mai mare flexibilitate a centralei la cerinţele externe;

• *reducerea costurilor de producţie* prin reducerea personalului, creşterea fiabilităţii, reducerea costurilor de mentenanţă, a consumului de energie electrică, a calităţii energiei livrate prin reducerea întreruperilor, reducerea noxelor etc.

Principalele cerinţe pe care trebuie să le îndeplinească supervizorul sunt:

1 - să răspundă condiţiilor externe sistemului, precum corelarea producţiei cu consumul;

2 - să răspundă condiţiilor interne ca, de exemplu, optimizarea sistemului în cazul apariţiei unui defect.

Cerinţele de mai sus conduc la funcţii de control primar şi secundar on-line, care trebuie avute în vedere la proiectarea supervizorului.

Sarcinile supervizorului sunt:

1 - *programarea reparaţiilor* - o problemă de planificare pe termen lung ţinând seama de restricţiile de mentenanţă, rată de defectare, putere cerută şi capacitate disponibilă;

2 - *alocarea optimă a resurselor* - alegerea centralelor care produc energia cerută de consumatori cu costuri minime, o problemă de optimizare pe termen scurt;

3 - *optimizarea condiţiilor de funcţionare* - stabilirea condiţiilor de funcţionare cu eficienţă maximă şi cele mai reduse costuri, ţinând seama de restricţiile primare şi secundare;

4 - *optimizarea blocurilor* - stabilirea celei mai bune filozofii a buclelor de reglare în contextul satisfacerii cerinţelor globale ale sistemului.

Ţinând seama de cele de mai sus ca **funcţii de bază** se pot considera:

1 - *structura conducerii,* care cuprinde variabile de intrare/ieşire, ecuaţii pentru procesele variabile cuplate, ecuaţii de reglare, proceduri de iniţializare, strategii de control al siguranţei în funcţionare, analiza modului de defectare, interfaţă operator, monitor;

2 - *funcţii de monitorare,* care stabilesc condiţiile de monitorare, alarmare, sisteme de atenţionare şi blocare;

3 - *calcule de performanţă,* precum indicii de performanţă, procesare date, raportare;

4 - *comunicarea cu operatorul,* prin monitor pentru date de proces, interfaţă operator, interfaţă de alarmare şi prezentare date;

5 - *cerinţe pentru baza de date* privind modul de arhivare, reactualizare, procesare, securitate şi management al datelor;

6 - *modele de proces şi optimizare,* care cuprind obiective operaţionale, restricţiile procesului, proceduri de optimizare.

Acestea necesită pentru implementare hard şi soft. Tradiţional, supervizorul de control este considerat punctul de plecare în procedurile de optimizare, astfel încât, pornind de la aceasta, se structurează toată dezvoltarea funcţiilor. Pentru sistemele complexe procedura sistematică de abordare globală este în curs de elaborare.

Nivelurile ierarhice de conducere a centralelor electrice

Conducerea centralelor electrice este organizată pe niveluri ierarhice [6, 7].

Cel mai de jos nivel este cel al acţionărilor care reglează variabilele, precum presiune, temperatură, debit, turaţie, la nivelul dorit. Acest nivel inferior de conducere realizează pornirea şi oprirea, monitorează condiţiile de siguranţă emiţând semnale de alarmare împreună cu proceduri de oprire rapidă, fiind fizic realizat cu bucle individuale pentru controlul modular al variabilelor centralei.

Următorul nivel cuprinde modul în care sunt conduse componentele centralei prin modificarea punctelor de referinţă ale variabilelor, precum încărcarea şi excesul de aer. Pornirea şi oprirea este condusă de la acest nivel. Funcţiile de la acest nivel includ operaţii complete de optimizare prin definirea legii de variaţie a punctelor de funcţionare (a traiectoriei) şi instrucţiuni de modificare a acestora de către nivelul inferior.

În final, există nivelul managerial (superior) al optimizării pe scară largă a performanţelor, alocarea sarcinii între grupuri, definirea criteriului general şi a restricţiilor, toate cuantificate economic.

Funcţiile principale ale nivelului inferior [3, 4] sunt:

- stabilizarea variabilelor sistemului la valorile dorite;
- asigurarea cerinţelor dinamice pentru modificarea referinţelor.

În algoritmii de control sunt câteva cerinţe de securitate, sub formă de limitatoare a mărimilor sau bucle de reglaj suplimentare, pentru stabilizarea unor parametrii, precum: gradientul temperaturii în pereţii ţevilor genaratorului de abur la pornire pentru limitarea eforturilor termice; mărimea şi viteza de variaţie a sarcinii turbinei, limitată de presiunea disponibilă.

Printre *variabilele care se stabilizează din considerente de securitate* menţionăm:

- temperatura aburului la ieşirea din cazan;
- nivelul apei în tambur;
- presiunea aburului viu şi din tambur;
- presiunea în camera de ardere şi în focar (pentru stabilizarea flăcării);
- temperatura gazelor la intrarea în turbina cu gaze;
- nivelul noxelor la ieşire din turbina cu gaze şi/sau generator de abur;
- presiunea aburului la intrarea în turbina cu abur.

Cele mai importante variabile care trebuie limitate sunt:

◊ temperatura gazelor la ieşirea din turbina cu gaze;

◊ vibraţii ale turbinei cu abur sau gaze, pompelor, vanelor, ventilatoarelor şi lagărelor;

◊ temperatura uleiului de ungere;

◊ presiunea uleiului de ungere şi comandă;

◊ temperatura generatorului;

◊ presiunea şi temperatura aburului viu şi aburului supraîncălzit;

◊ presiunea şi nivelul apei în tambur etc.

Restricţiile din limitarea performanţelor sau capacităţii centralei ori componentelor [5] cuprind:

- puterea electrică produsă este limitată de puterea nominală a generatoarelor instalate;
- puterea termică produsă este limitată de debitul maxim al instalaţiilor de termoficare;
- fluxul termic din cazan este limitat de dimensiunile acestuia, parametrii de combustie;
- debitul de abur intrat şi ieşit din turbină ca şi celelalte debite din sistem sunt limitate, prin legea continuităţii, de secţiunea de curgere;
- parametrii aburului sau apei calde livrate sunt limitaţi şi de capacitatea de transport a conductelor;
- eficienţa transferului termic şi conversia energici sunt limitate de nivelul tehnologic actual.

Funcţiile nivelului superior (al supervizorului) diferă după complexitatea acestuia şi algoritmii utilizaţi pentru optimizare. Supervizorul trebuie să optimizeze performanţele astfel încît să minimizeze costul global şi să satisfacă simultan cerinţele de energie electrică şi termică. Acestea presupun realizarea următoarelelor [2]:

♦ distribuţia energiei (de exemplu necesar de combustibil pentru fiecare centrală);

♦ optimizarea economică - distribuţia optimă economică a încărcării;

♦ repartiţia încărcării între grupurile din centrală;

♦ reglarea buclelor locale de pe nivelul inferior;

♦ dinamica modificării referinţelor la pornirea şi oprirea rapidă;

♦ topologia viabilă a sistemului la oprirea forţată a unor grupuri.

Principalele probleme ale conducerii

Regimul normal de funcţionare al centralelor electrice cuprinde două moduri distincte de operare (stabilizat şi de modificare a sarcinii) cărora le sunt asociate probleme de control specifice.

Modul stabilizat cere ca buclele de control local să stabilizeze semnalele în prezenţa perturbaţiilor. Modul clasic de rezolvare se bazează pe regulatoare P sau PI [6], iar algoritmii pe metode de control predictiv pe termen lung. Sunt indicaţi şi algoritmi autoadaptivi, căci asigură minimizarea variaţiilor semnalelor de ieşire. Pentru supervizor, regimul stabilizat impune monitorarea condiţiilor de siguranţă în funcţionare, colectarea celor mai importante mărimi măsurate şi predicţia viitoarelor modificări din sistem.

Modificarea sarcinii poate fi cauzată de modificarea cererii de energie electrică, energie termică sau pornirea ori oprirea forţată a diverselor componente. În fiecare caz, noile condiţii stabile pot fi calculate din bilanţul sistemului (de exemplu debitul masic, debitul de combustibil). Pentru obţinerea performanţelor optime este necesară redistribuirea sarcinii între generatoarele de abur [2].

În cazul problemelor dinamice esenţială este găsirea modului de variaţie (traiectoriei) a punctelor de referinţă pentru vane, ventile care să fie urmărite de către supervizor şi care să corespundă noilor condiţii de funcţionare optime. Obiectivul optimizării poate fi minimizarea pierderilor de energie concomitent cu limitarea variabilelor prin restricţii. La nivel local, problema traiectoriei optime este asociată modului în care se urmăreşte traiectoria referinţei prin regulatorul local.

Supervizorul are rolul de a anticipa modificările ulterioare pe care să le transmită regulatoarelor locale, prin strategia de control. Deoarece circuitul termic are constante de timp foarte lungi (≈200 secunde), iar cele pentru citire şi înregistrare au constante de timp foarte reduse (≈ o secundă), sarcina de anticipare este uşurată.

Un exemplu de *buclă locală de control şi reglare* pentru *generatorul de abur* este prezentată în figura 2, constând în esenţă din patru intrări şi patru ieşiri. Bucla principală reglează debitul de combustibil la intrare printr-un regulator PI, care urmăreşte presiunea aburului la ieşire.

Puterea cerută se găseşte prin limitatorul care conţine referinţa. Relaţia dintre putere şi presiunea aburului este neliniară (apare un bloc nelinear). La creşterea sarcinii presiunea necesară creşte mai rapid cu puterea dorită [8]. Bucla de control cu regulator PD are rolul de a reduce efortul de reglare la modificarea puterii prin semnal dat de supervizor.

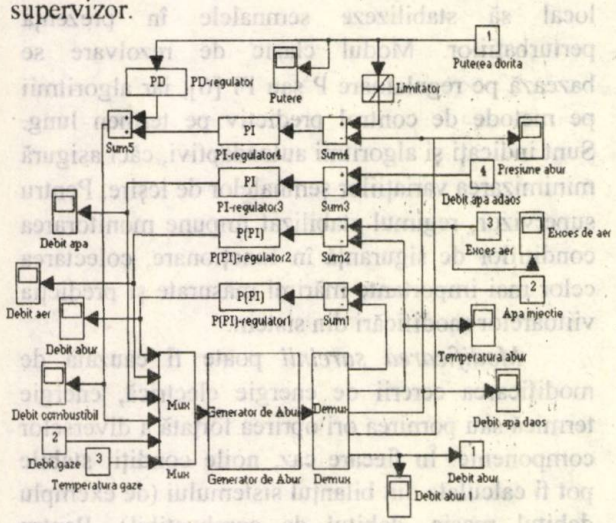


Fig.2. Bucla locală de reglaj a generatorului de abur.

Nivelul apei din tambur este indicator al debitului de apă necesar [7]. În schema bloc, regulatorul PI utilizează, pentru reglarea debitului de apă de alimentare necesar, diferenţa dintre nivelul actual şi cel dorit în tambur.

Debitul de aer necesar arderii este reglat, pentru a menţine presiunea în focar, printr-un regulator P sau PI.

Temperatura aburului este stabilizată prin una sau mai multe injecţii de apă în zona supraîncălzitorului, cu un regulator P sau PI. În condiţii normale de funcţionare această buclă are un rol mai puţin important [8].

Principalele probleme ale controlului generatorului de abur sunt:

- menţinerea parametrilor de ieşire în limitele admisibile, prin stabilizare la nivelul inferior;
- estimarea şi modificarea rapidă a parametrilor aburului la modificarea sarcinii.

Una din soluţiile acestei probleme este acţionarea asupra debitului de combustibil. Totodată, viteza de modificare a sarcinii este limitată de eforturile termice maxim admisibile în generatorul de abur sau turbină. Aceasta este aşa-numita problemă a traiectoriei, uzual considerată la un semnal rampă [1].

Pentru menţinerea parametrilor la ieşire constanţi, când se schimbă calitatea combustibilului, în locul cascadei clasice de regulatoare PI/PD se poate utiliza şi un regulator de stare [6].

Principalele probleme ale supervizorului

Planificarea pe termen lung a centralelor cu cogenerare este o problemă complicată, care trebuie să rezolve următoarele:

1 - să anticipeze viitoarele sarcini cerute şi să stabilizeze frecvenţa;

2 - puterile instalate şi tipul de centrală pentru acoperirea necesarului;

3 - investiţii şi costuri de exploatare minime pe durata de viaţă;

4 - cerinţe de securitate şi fiabilitate în funcţionare;

5 - gradul de integrare în cadrul sistemului şi al centralei.

Soluţionarea problemelor de mai sus se poate face prin programare lineară cu restricţii, fiind necesară dezvoltarea şi verificarea prin simulare adecvată a unei strategii de management a sarcinii, plecând de la premisa că beneficiul se obţine printr-un bun management al tuturor resurselor şi instalaţiilor. Aceasta implică realizarea unei tehnologii de control avansate, care să optimizeze sistemele integrate. La centralele cu cogenerare esenţial pentru preluarea cerinţelor de putere şi energie termică este răspunsul generatorului de abur, astfel încât bucla de reglaj a acestuia dictează costurile.

Deoarece managementul sarcinii este primordial în reducerea costurilor şi implicit în creşterea profitului, *optimizarea economică a centralelor cu cogenerare necesită implementarea unei strategii de management dinamic al sarcinii.*

Cum o mare perioadă de timp centrala funcţionează în regim staţionar, optimizarea referinţelor se face la acest regim, urmând ca în regim dinamic să se găsească legea de modificare a acestora, traiectoria. Pentru aceasta sunt necesare:

1) monitorarea şi optimizarea procesului care permite operatorului să cunoască valorile parametrilor ce duc la performanţe maxime şi să-i modifice on-line;

2) analiza defectelor care poate evidenţia ce valori ale parametrilor duc la acestea;

3) datele din proces care se pot utiliza pentru validarea modelelor staţionare sau dinamice ca şi eventuale corelaţii;

4) practica managerială care rezultă din experienţa de exploatare;

5) dezvoltările tehnologice viitoare care includ noi tipuri de regulatoare sau alte inovaţii tehnologice ce cresc performanţele.

Pentru opţinerea performanţelor economice şi/sau tehnologice este necesară identificarea şi optimizarea punctului de funcţionare cu costuri minime, utilizând regulatoare electronice pentru ajustarea punctelor de funcţionare, obţinute în urma unei optimizări nelineare cu restricţii finite.

În concluzie, pentru *găsirea optimului economic şi energetic este necesară determinarea modului de optimizare a referinţelor.*

Dinamica modificării referinţelor

Tradiţional, modificarea sarcinii este preluată de facilităţile destinate vârfului. De exemplu, Japonia rezolvă aceasta prin utilizarea centralelor nucleare la baza curbei de sarcină, a centralelor termoelectrice la semibază şi a hidrocentralelor la vârf. Practica a demonstrat că centralele hidroelectrice sunt insuficiente pentru preluarea vârfului, astfel că se apelează şi la termocentrale. Pentru aceasta este necesară o schemă de control adecvată, care să modifice sarcina cât mai repede posibil, astfel încât să crească flexibilitatea operaţională a centralei la modificarea frecvenţei.

Un exemplu care reglează, cât mai repede posibil, debitul de abur, menţinând temperatura aburului viu în domeniul ±1% faţă de nominal, pentru a nu reduce eficienţa centralei, este prezentat în figura 3. Sistemul este tratat ca şi când ar fi un regulator PID.

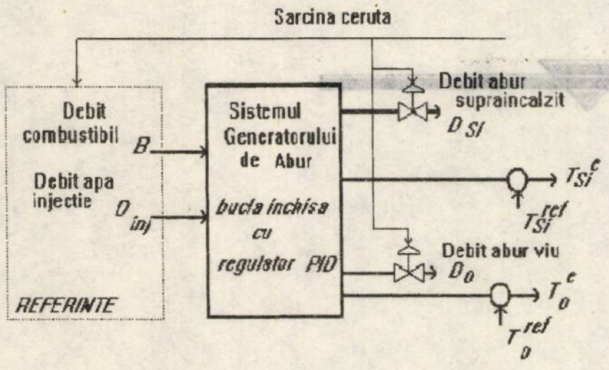


Fig.3

Referinţele pentru debitul de combustibil, B, şi debitul de apă de injecţie, D_{inj}, sunt modificate astfel încât să conducă la o distribuţie de temperaturi care să menţină temperatura aburului viu, T_0, şi a celui supraîncălzit, T_{SI}, la valorile de referinţă, cu o eroare, T^e sub ±1%.

Pentru generatorul de abur din figură, sistemul de ecuaţii devine:

$$\begin{bmatrix} T^e_{SI} \\ T^e_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(s) & G_{12}(s) & G_{13}(s) \\ G_{21}(s) & G_{22}(s) & G_{23}(s) \\ G_{31}(s) & G_{32}(s) & G_{33}(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B(s) \\ D_{inj}(s) \\ S_{ga}(s) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_1(s) \\ C_2(s) \end{bmatrix} D_D(s),$$

în care G, C şi D sunt constante, iar s este operatorul Laplace.

Pentru a satisface acest sistem este necesar să se elimine efectul modificării sarcinii şi prin semnalul erorii să se menţină performanţele. Prin programare lineară rezultă noile valori ale referinţelor la diverse sarcini; pot fi două posibilităţi: modificarea sarcinii cerute după un semnal de tip rampă sau modificarea sarcinii ţinând seama de posibilităţile dinamice concrete ale generatorului de abur.

Nici un sistem de control nu permite modificarea instantanee a sarcinii. Metodele adaptive prevăd modificările sarcinii şi dispun de posibilitatea modificării referinţelor. Deci, sunt necesare metode optime de selectare a traiectoriei punctelor de referinţă şi utilizarea unui control adaptiv pentru creşterea beneficiului[*].

Structura sistemului de control local pentru o termocentrală se distige prin utilizarea unei amplificări nelineare şi a unei cascade de bucle de reglare directă şi de reacţie (feedback), datorită instabilităţii sistemului. Regulatoarele utilizate sunt clasice, P, PD, PI, având însă un soft care să elimine zgomotul. Premisa esenţială este asigurarea siguranţei în funcţionare. *Structura controlului la nivel inferior este ierarhică, cu multe bucle de reglare, având regulatoare clasice, amplificatoare nelineare şi alte elemente care să asigure condiţiile de funcţionare.*

Concluzii

Pentru conducerea centralelor cu cogenerare strategia generală a controlului este ierarhică[*], bazându-se pe următoarele concepte:

- specificarea corectă a sarcinii;
- strategie optimă de management al sarcinii, specifică proiectării supervizorului;

[*] Fătu, I., Lăzăroiu, Gh. *Consideraţii privind conducerea prin calculator a centralelor electrice,* lucrare prezentată la A XXIII-a Conferinţă pe ţară de termoenergetică şi termoficare, Poiana Braşov, 4 - 6 dec. 1996

• optimizarea punctelor de funcţionare, a referinţelor, prin algoritmi specifici;

• dinamica (traiectoria) referinţelor, esenţială în controlul în timp real;

• controlul local al multivariabilelor cu multibucle de reglare, bazate pe regulatoare PID.

Cele mai importante probleme care trebuie urmărite în viitoarele cercetări şi dezvoltări tehnologice, referitor la sistemele de control distribuit, sunt:

♦ *Tehnologia DCS:*

Progresele realizate în tehnologia calculatoarelor trebuie să mărească viteza de calcul, posibilităţile de comunicaţie, complexitatea prezentării şi să fie robuste. Modelele dezvoltate să permită soluţii globale de control şi optimizare cu grad mare de integrare şi eficienţă.

♦ *Ingineria centralelor electrice*

Cerinţele esenţiale sunt creşterea flexibilităţii condiţiilor de funcţionare, ceea ce duce concomitent la reducerea indisponibilităţii şi costurilor aferente.

♦ *Controlul centralelor*

Controlul centralelor electrice se prevede a fi secvenţial. Teoria controlului continuă să se dezvolte sub presiunea cerinţelor industriale concrete.

BIBLIOGRAFIE

[1] Conradie, F.H., Kurten, H. *Actual dynamic performance of thermal power plants with various designs and control systems.* In: Proceeding of the IFAC Symposium on Control of Power Plants and Power Systems, Munich, 1992.

[2] Moslehi, K., Khadem, M., Bernal, R., Hernandez, G. *Optimization of multiplant cogeneration system operation including electric and steam networks.* In: IEEE Trans. on Power Systems, Vol.6, no.2. may 1991.

[3] Peters, S.A.W.M., de Boer, W.W. *Optimal output feedback for the optimization of a conventional steam temperature controller.* In: Proceeding of the IFAC Symposium on Control of Power Plants and Power Systems, Munich, 1992.

[4] Rovnak, J.A., Corlis, R. *Dynamic matrix based control of fossil power plants.* In: IEEE Trans. of Energy Conversion, Vol. 6, no.2, June 1991.

[5] Urbancic, A., Skapin-Rugelj, M. *Optimization of daily combined heat and power production.* In: Proceeding of the IFAC Symposium on Control of Power Plants and Power Systems, Munich, 1992.

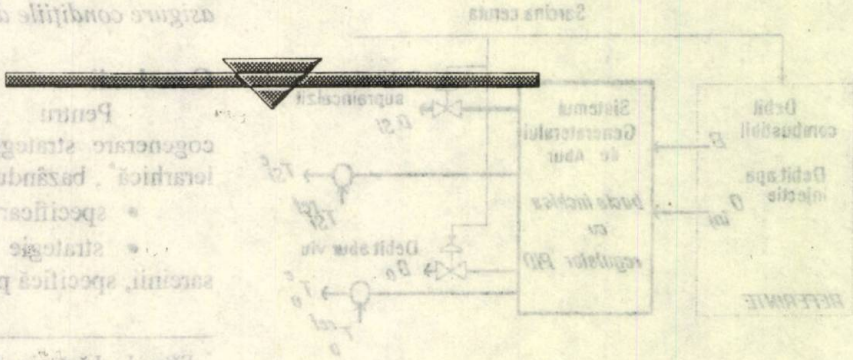
[6] Vahldiek, R., Krause, H. *Practical experience with progressive automation concept in pover plants.* In: Proc. IFAC Symposium on Automation and Instrumentation for Power Plants, 1986.

[7] Waddington, J., Maples, G.C. *The control of large coal and oil fired generating units.* In: Power Engineering Journal, 25-34, Jan. 1987.

[8] Welfonder, E. *Constrained control concepts in power plants and power systems for avoiding emergency conditions.* In: Proceeding of the IFAC Symposium on Control of Power Plants and Power Systems, Munich, 1992.

Referent: ing. Vasile Rugină - Fondul Proprietăţii de Stat, Bucureşti

(Primit la 13 ianuarie 1997, acceptat la 24 februarie 1997)



PUNCTE DE VEDERE ASUPRA POSIBILITĂŢII ADAPTĂRII CAZANELOR CU ARDERE PULVERIZATĂ A PRAFULUI DE CĂRBUNE LA ARDEREA ÎN STRAT CIRCULANT FLUIDIZAT

prof. dr. ing. NICOLAE PĂNOIU* , ş.l. ing. GHEORGHE LĂZĂROIU **

Combustia în strat circulant fluidizat oferă o alternativă a scruberelor pentru captarea SO_2 din gazele de ardere. Fezabilitatea adaptării cazanelor exitente cu arderea cărbunelui praf pulverizat, pentru mărirea duratei de viaţă, la arderea în strat circulant fluidizat, este examinată prin considerarea cazanului de 420 t/h pe cărbune praf. Modificările propuse necesită schimbări minime la unităţile existente. Sunt prezentate calculele termice pentru a ilustra căldura absorbită în diferite secţiuni ale cazanului modificat comparativ cu cel iniţial. Pentru a identifica problemele ce apar la sarciri reduse sunt prezentate calculele pentru două încărcări. În concluzie, adaptarea cazanelor pentru arderea în strat circulant fluidizat este termodinamic fezabilă.

The circulating fluidized bed combustion offers an alternative to the SO_2 retaining method from the flue gas which mabes the use of the scrubbers unneccessary.

The feasibility of adopting the existing pulverized coal dust fired boilers in order to extend their service life, to the circulating fluidized bed operation is exomined based on the example of a 420 t/h coal dust fired boilers.

The proposed modifications require minimum changes of the existing units.

The results of the thermal processes calculations indicate the absorbed heat in various sections of the modified boiler against the initial one.

The calculations made for two heat loads were useful in defining the low heat loads related problems.

Finally the authors conclude that converting the boilers to the circulating fluidized bed operation is thermodynamically feasible.

Descriptori: arderea în strat fuidizat, reducere SO_2, reabilitarea cazanelor cu arderea prafului de cărbune

Introducere

Cazanele cu arderea pulverizată a cărbunelui, având prescurtarea consacrată PC (Pulverized Coal fired), au cea mai mare răspândire în aplicaţiile energetice, cu deosebire în România. La ora actuală, se pune tot mai acut problema ca aceste cazane existente să răspundă cerinţelor de protecţia mediului, ceea ce necesită investiţii pentru echiparea cu arzătoare având producţie mică de NO_x, precum şi cu instalaţii şi echipamente de desulfurare. Toate acestea necesită costuri ridicate şi timp, astfel că decizia este bazată pe considerente economice, care trebuie să ia în considerare şi alte alternative tehnice.

Una din posibilităţi este aceea de transformare a acestor cazane cu ardere pulverizată a cărbunelui în cazane cu ardere în strat circulant fluidizat, cu prescurtarea consacrată CFB (Circulating Fluidized Bed firing).

Examinarea fezabilităţii noului concept privind adaptarea cazanelor cu ardere pulverizată a cărbunelui praf la ardere în strat circulant fluidizat se face în doi paşi succesivi. Primul pas îl constituie examinarea fezabilităţii ştiinţifice şi tehnice. Dacă conceptul este fezabil, se trece la pasul doi, care trebuie să demonstreze şi economicitatea. Prezenta lucrare examinează primul pas în luarea unei decizii.

Caracteristicile principale ale stratului fluidizat constau în ridicarea concentraţiei combustibilului şi mărirea vitezei relative dintre aerul oxidant insuflat şi particulele de combustibil aflate în suspensie stabilă.

Avantajele principale ale arderii în strat fluidizat sunt:

- simplitatea sistemului de alimentare cu combustibil;
- posibilitatea utilizării facile a sorbanţilor;

* Universitatea Constantin Brîncuşi, Târgu-Jiu.
** Facultatea de Energetică, UPB

• posibilitatea funcţionării la sarcini parţiale;

• eficienţă sporită a combustiei.

În continuare se analizează modul în care actualele cazane PC, cu ardere pulverizată a prafului de cărbune, pot fi transformate în cazane CFB, cu ardere în strat fluidizat circulant, prin compararea caracteristicilor arderii şi transferului de căldură. Sunt discutate, de asemenea, câteva aspecte inginereşti privind modificările tehnice necesare.

Compatibilitatea tehnică

Pentru ca orice nou proces de ardere să fie asemănător cu cel al arderii pulverizate, trebuie să fie similare, conform [2], următoarele :

• fluxul termic pe unitatea de suprafaţă, care va conduce la aceeaşi suprafaţă de schimb de căldură;

• fluxul termic volumetric, care va duce la acelaşi volum al focarului;

• înălţimea medie a cazanului;

• rata de absorbţie medie a suprafeţelor radiante ale pereţilor, care duce la aceeaşi secţiune de curgere.

Analizând valorile medii ale mărimilor de mai sus, pe baza datelor statistice referitoare la cazanele PC [4] şi a celor referitoare la cazanele CFB [1], se observă că acestea sunt similare (tabelul 1).

Tabelul 1

	Cazan cu ardere pulverizată a cărbunelui PC	Cazan cu ardere în strat fluidizat a cărbunelui praf CFB
Încărcarea termică a focarului, [MW/m^2]	4,4-6,3	2-6
Fluxul termic volumetric, [MW/m^3]	0,15-0,23	0,1-0,25
Înălţimea medie a cazanului, [m]	27-45	15-45
Rata medie de absorbţie a suprafeţei radiante a pereţilor, [MW/m^2]	0,05-0,25	0,05-0,17

În continuare, sunt analizate alte compatibilităţi dintre cazanele cu ardere pulverizată şi cele cu ardere în strat fluidizat.

Timpul de rezidenţă a particulelor de 0,1 mm într-un cazan PC de 45 m înălţime este de circa 2-3 s. Acesta scade sub 0,5 s [3] pentru particulele de carbon care ard complet. Considerând că există controlul cinetic, timpul de ardere a particulelor de 0,1 mm în cazane CFB este de circa 8 s [1]. Atunci când sunt mixate particule de dimensiuni diferite, timpul de rezidenţă creşte la 26 s pentru înălţimea cazanului de 45 m. Se consideră că, fără excepţie, particulele de 0,1 mm ard complet până părăsesc cazanul. Particulele de dimensiuni mai mari pot să nu ardă complet în timpul de rezidenţă prin drumul unu de gaze, dar acestea sunt captate în ciclonul separator şi reciclate în focar pentru reardere. Prin urmare, particulele de dimensiuni mari pot suferi un număr de cicluri până la arderea completă.

Temperatura gazelor la intrarea în drumul doi de gaze este de circa 800°C, atât pentru cazanul PC, cât şi pentru cel CFB.

Debitul masic de gaze este, de asemenea, aproape acelaşi, ceea ce permite, corelat şi cu temperatura gazelor, extragerea aceleiaşi cantităţi de căldură în drumul doi de gaze, unde sunt amplasate preîncălzitorul de aer, economizorul, supraîncălzitorul intermediar sau ţevile supraîncălzitorului primar, adaptate pentru CFB. Adaptarea supraîncălzitorului primar constituie primul pas pentru ca aburul primar să absoarbă în supraîncălzitor aceeaşi cantitate de căldură la cazanele CFB ca şi la cazanele PC.

Există diferenţă între fluxul termic din focar la cazanele PC şi cel de la cazanele CFB, după cum rezultă şi din figura1. Căldura medie absorbită în focar la cazanele PC este de 0,05-0,22 MW/m^2. La cazanele CFB căldura medie absorbită în focar este de 0,2-0,17 MW/m^2. Prin urmare, există o zonă de compatibilitate considerabilă, privind rata de absorbţie a căldurii în focar, pentru cele două sisteme de ardere.

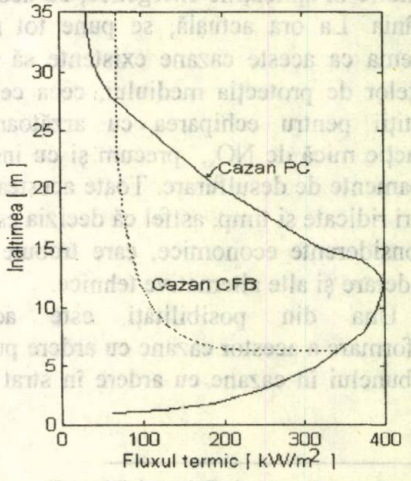


Fig.1. Variaţia fluxului termic.

Fluxul termic transferat supraîncălzitorului de radiaţie şi supraîncălzitorului intermediar este, la cazanele PC, peste media absorbită în focar, ceea ce produce unele neplăceri. La cazanele CFB modificate, fluxul termic se uniformizează prin aceea că vaporizatorul şi supraîncălzitorul primar au mai multe ţevi, deci suprafaţă mai mare decât în cazul cazanului PC.

Modificări minime necesare conversiei cazanelor PC în CFB

După ce s-a demonstrat fezabilitatea termodinamică a transformării actualelor cazane PC în cazane CFB de aceeaşi capacitate, se prezintă modificările structurale tehnice minime necesare adaptării. Analiza se va face pentru cazanele PC de 420 t/h, dar concluziile se pot generaliza şi pentru alte tipuri şi capacităţi de cazane PC.

În figura 2 se prezintă, schematic, un cazan PC de 420 t/h înainte de conversie, iar în figura 3 se prezintă schematic acelaşi cazan după conversie şi adaptarea lui în CFB.

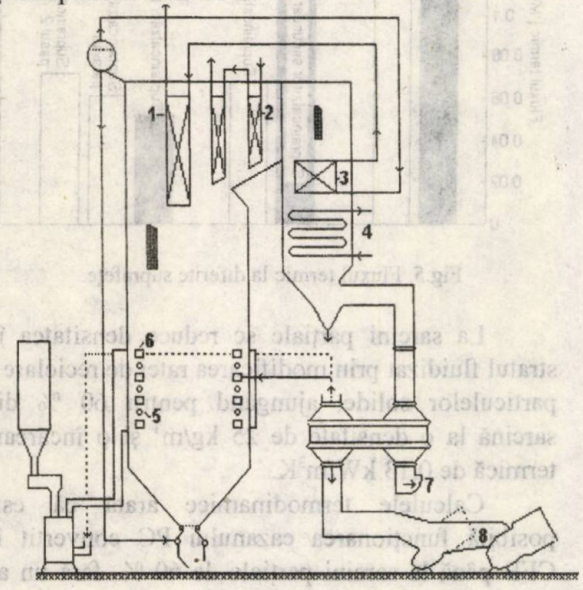


Fig.2. Schema cazanului PC: 1 - supraîncălzitor secundar; 2 - supraîncălzitor intermediar; 3 - supraîncălzitor primar; 4 - economizor; 5 - aer secundar; 6 - ieşire gaze; 7 - ventilatoare existente.

După cum s-a arătat, principala modificare constă în reajustarea suprafeţelor de schimb de căldură ale supraîncălzitorului secundar şi supraîncălzitorului intermediar pentru fluxul termic diferit. Circa 20 % din ţevile supraîncălzitorului intermediar trebuie mascate cu suprafeţe refractare, iar suprafaţa supraîncălzitorului secundar trebuie crescută cu 100%. Dacă pasul transversal dintre ţevi este de minimum 68 mm, atunci este loc suficient pentru adăugarea suprafeţei de încălzire suplimentară la supraîncălzitorul secundar.

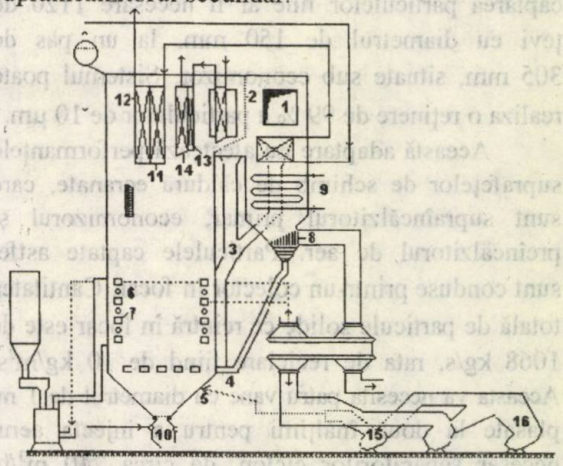


Fig.3. Schema cazanului CFB: 1 - separator solid; 2 - perete despărţitor; 3 - conductă de legătură; 4 - intrarea paticulelor solide reciclate; 5 - aer primar; 6 - aer secundar; 7 - pulverivatoare praf de cărbune; 8 - separator multiciclon; 9 - economizor; 10 - colectare zgură şi cenuşă; 11 - supraîncălzitor adăugat; 12 - supraîncălzitor existent; 13 - supraîncălzitor intermediar mascat; 14 - supraîncălzitor intermediar expus; 15 - ventilatoare existente; 16 - ventilatoare booster.

După conversie, partea superioară a focarului este acoperită cu materiale refractare, ceea ce conduce la obţinerea fluxului termic suplimentar cerut. Ţevile ecranate, după ce supraîncălzitorul primar a fost mascat prin placarea cu materiale refractare, formează o barieră, care duce gazele de ardere către un sistem solid de separare. Aici, gazele pătrund mai întâi printr-o serie de separatori inerţiali de tip ciclon. Plasarea colectorilor de praf de tip multiciclon se face după economizor.

Figura 4 este o vedere plană a sistemului de separare propus pentru conversie, care se întinde pe 4,3 m de la peretele cazanului şi ocupă întreaga

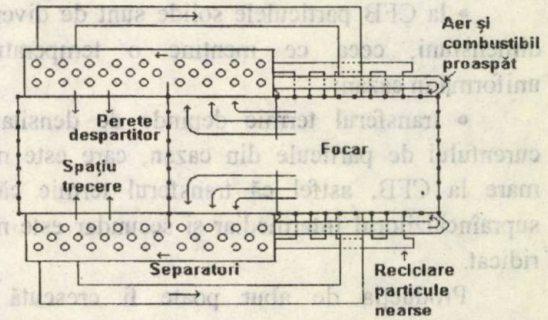


Fig.4. Sistemul de separare.

zonă de 6 m de la ieşirea din supraîncălzitorul intermediar. O eficienţă de 93 % de reţinere a particulelor de 75 μm se obţine prin patru şiruri de ţevi cu diametrul exterior de 50 mm. Pentru captarea particulelor fine ar fi necesare 1120 de ţevi cu diametrul de 150 mm, la un pas de 305 mm, situate sub economizor. Sistemul poate realiza o reţinere de 99 % a particulelor de 10 μm.

Această adaptare nu afectează performanţele suprafeţelor de schimb de căldură ecranate, care sunt supraîncălzitorul primar, economizorul şi preîncălzitorul de aer. Particulele captate astfel sunt conduse printr-un colector în focar. Cantitatea totală de particule solide ce reintră în focar este de 1068 kg/s, rata de reciclare fiind de 10 kg/m^{2}s. Accasta va necesita patru vane cu diametrul de 1 m, plasate la două înălţimi pentru a injecta aerul necesar separatorilor ciclon, de circa 240 m^3/h, introdus de un ventilator separat.

Aerul primar se poate introduce printr-un orificiu plasat la baza focarului. Aerul secundar se poate introduce prin fantele pulverizatorilor de cărbune praf. Presiunea aerului poate fi menţinută folosind un ventilator de prealimentare (booster) cu înălţime mică, până la 3,5 mH_2O, cerut de orice sistem CFB.

Performanţe după conversie

Calculele termice arată că nu există diferenţe în ceea ce priveşte temperatura finală a aburului şi gazelor între cazanul PC şi cel după conversie în CFB.

Are loc o reducere a randamentului cazanului, astfel că după conversia la CFB acesta este de 88 %, explicabil prin:

- diferenţa în modul de transfer termic între gaze-abur, care la PC este radiativ, iar la CFB este convectiv;
- la CFB particulele solide sunt de diverse dimensiuni, ceea ce menţine o temperatură uniformă în cazan;
- transferul termic depinde de densitatea curentului de particule din cazan, care este mai mare la CFB, astfel că transferul termic către supraîncălzitorul intermediar şi secundar este mai ridicat.

Producţia de abur poate fi crescută la cazanul CFB prin creşterea densităţii în strat, ceea ce duce la creşterea coeficienţilor de transfer de căldură. La plină sarcină, valoarea medie a fluxului termic poate fi peste 0,176 kW/m^{2}K, dacă densitatea în strat este de circa 52 kg/m^3. Pe de altă parte, aceasta scade sub 0,096 kW/m^{2}K, când densitatea în patul fluidizat este diluată, fiind de circa 5 kg/m^3.

În partea finală a cazanului, după ciclonul separator, unde temperatura gazelor este peste 90 °C, se poate monta un recuperator suplimentar. Performanţele cazanelor PC convertite în CFB sunt mai puţin influenţate de calitatea combustibilului.

Fluxul termic la diverse suprafeţe ale unui cazan PC, înainte şi după conversie în CFB, se prezintă în figura 5.

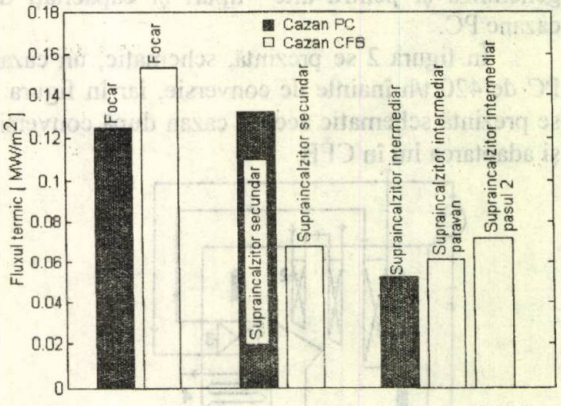


Fig.5. Fluxul termic la diferite suprafeţe.

La sarcini parţiale se reduce densitatea în stratul fluidizat prin modificarea ratei de reciclare a particulelor solide, ajungând pentru 60 % din sarcină la o densitate de 25 kg/m^3 şi o încărcare termică de 0,13 kW/m^{3}K.

Calculele termodinamice arată că este posibilă funcţionarea cazanului PC convertit în CFB până la sarcini parţiale de 60 %, fără un alt combustibil suport, dar că reducerea sarcinii sub 40 % poate crea probleme funcţionării stratului fluidizat, prin aceea că viteza particulelelor este sub cea minimă necesară menţinerii stratului fluidizat. Viteza la finalul stratului fluidizat este de 4,7 m/s, pentru sarcină nominală, şi de 3,0 m/s, pentru 60 % din sarcină, ceea ce corespunde unor viteze superficiale de 5,6 m/s şi respectiv 3,6 m/s. Prin urmare, la aceste viteze reduse de fluidizare este necesară adaptarea corespunzătoare a dimensiunilor combustibilului şi sorbanţilor.

În concluzie, studiile termodinamice*, arată că este fezabilă transformarea cazanelor PC de 420 t/h funcţionând cu cărbune praf pulverizat în cazane CFB cu strat fluidizat. Pentru decizia finală a adaptării este necesară detalierea studiilor de fezabilitate.

BIBLIOGRAFIE

[1] Basu, P. *Design Consideration of a Circulating Fluidized Bed Boiler.* In: Journal of Institute of Energy, 12, 1986.

[2] Basu, P. *Operation of an Existing Pulverized Coal Fired Boiler as a Circulating Fluidized Bed Boiler.* In: Journal of Institute of Energy, 2, 1987.

[3] Field, M., Morgan, D. W., Hawksley, B. B. *Combustion of Pulverized Coal.* In: Journal of Institute of Energy, 12, 1967.

[4] Singer, J. G. *Combustion - Fossil Power System,* ediţia a-3-a, Combustion Engineering Institut, Windsor, 1981.

Referent: ing. Cătălin Flueraru - S.C. ICPET S.A.

(Primit la 13 ianuarie 1997, acceptat la 24 februarie 1997)

Informaţii

⇨ (continuare din p. 153)

În cazul **analizelor interne** se pot studia;

- cercul de cumpărători (goodwill), scopul fiind aprecierea clienţilor şi a modului de servire a acestora:
  - ne-am ocupat de clienţii cu puterea de cumpărare potenţială cea mai mare?
  - din cine este constituit cercul de cumpărători?
  - cum se realizează utilizarea energiei electrice în fiecare segment de consumatori?
  - unde se formează profitul?
- coerenţa întreprinderii: trebuie apreciat cât de corect se aplică politica întreprinderii de către forţele de valorificare în legătură cu cooptarea activităţii comerciale, cu luarea în considerare a tuturor picţelor, precum şi ţinându-se cont de "image";
- mijloacele: trebuie aplicate mijloacele cele mai adecvate pentru politica dezvoltării produsului şi serviciilor (înainte de a se gândi la "izvoare în plus" trebuie să ne punem întrebarea: oare folosirea mijloacelor actuale este optimă?), trebuie examinate mijloacele de personal, de lucru şi cele financiare.

Scopul analizei interne este identificarea slăbiciunilor şi a punctelor forte.

Pe baza analizelor rezultă o radiografie din care se pot stabili punctele semnificative. Rezultă: punctele care trebuie întărite (politică defensivă); puncte puternice care trebuie dezvoltate (politică în atac); puncte slabe; idei de rezervă.

Deci, radiografia trebuie să fie orientată spre viitor, să fie totală şi elastică.

Pe baza radiografiei rezultă priorităţile şi strategia. Etapele sunt:

- radiografierea situaţiei;
- fixarea priorităţilor;
- stabilirea strategiei;
- aprecierea mijloacelor necesare;
- aprecierea "veniturilor" probabile;
- urmărire şi control.

Analiza postacţiune (având ca parte serviciul de urmărire şi strângerea de date).

Firma trebuie să-şi înfiinţeze un serviciu de urmărire, al cărui rol este supravegherea:

- evoluţiei pretenţiilor clienţilor;
- progreselor concurenţei;
- dezvoltării altor întreprinderi;
- evoluţiei mediului.

Mijloace propice pentru funcţionarea serviciului de urmărire sunt studiile şi reţeaua internă de transmitere a informaţiilor.

Aprecierea sistematică a activităţii este posibilă prin prelucrarea datelor adunate şi a indicatorilor. Aceasta este indispensabilă pentru desfăşurarea activităţilor comerciale şi realizarea obiectivelor pe planul evoluţiei valorificărilor şi serviciilor.

Acţiunea - ţinând cont de aşteptările reale ale consumatorilor - trebuie să corespundă cu pretenţiile evidenţiate de analiză: acesta este aşa - numitul "marketing operativ". **Marketingul operativ** este mijlocul prin care firma ajunge în "poziţie favorabilă", şi anume prin activitate defensivă pe o felie a pieţei, unde firma are un rol dominant, printr-o activitate "ofensivă" pe feliile pieţei unde se doreşte o extindere şi, în fine, printr-o activitate de urmărire, acolo unde firma are posibilităţi restrânse.

Structura acţiunii:

- fixarea scopurilor măsurabile (cantitative şi calitative);
- elaborarea mijloacelor adecvate;
- adaptarea mijloacelor;
- fixarea termenelor;
- stabilirea indicatorilor.

⇨ (continuare în p. 190)

* • Lazăroiu, Gh., Pănoiu, N. *Adaptarea cazanelor cu arderea cărbunelui praf pulverizat la arderea în strat circulant fluidizat, Secţiunea Poster la secţia II,* National Energy Conference CNE'96, 1 - 5 septembrie , 1996, Neptun - Olimp, România.

• Lazăroiu, Gh., Pănoiu, N. *Posibilitatea adaptării cazanelor cu ardere pulverizztă a prafului de cărbune la arderea în strat fluidizat,* A XXIII - Conferinţă pe ţară de termoenergetică şi termoficare, lucrarea I.12., Poiana Braşov 4-6 dec.

CONSIDERAŢII PRIVIND MĂSURAREA CONCENTRAŢIEI DE PRAF DE CĂRBUNE ÎN AER

conf. dr. ing. NICOLAE BĂRAN*

În lucrare se prezintă o metodă de determinare a concentraţiei de particule solide (praf de cărbune, praf de ciment, nisip şi alte pulberi), care se află într-un mediu gazos sau sunt antrenate de un curent de gaz.

Instalaţia experimentală include o sursă de poluare, sondă de captare, pompă de vid, aparate de măsură şi control.

Se disting două cazuri:

a) gazul ce conţine particule solide este în repaos;

b) gazul este în curgere, prin conducte pentru transport pneumatic.

The paper presents a method meant to determine the concentration of solid particles (coal dust, cement powder, sond and others powders to be found in a gaseous environment or carried away by a gas flow.

The pilot plant includes a polluting source, a capturing probe, a void pump, instrumentation and control equipment.

Two cases are considered:

a) when the gas containing solid particles is still;

b) when gas in flowing through the pipes for pneumatic transport.

The solid particles concentration determination method is presented for both cases.

Descriptori: instalaţii de desprăfuire, concasare cărbune, termocentrale

Introducere

Reducerea nivelului de poluare se poate face în mod eficient numai dacă este cunoscută cu exactitate concentraţia de particule solide care există în mediul gazos respectiv; cercetările teoretice şi experimentale efectuate de autor indică faptul că procedeele utilizate în prezent pentru măsurarea concentraţiei de particule din medii gazoase nu au precizia necesară [1, 2, 3].

Această concentraţie trebuie să fie măsurată cât mai exact, deoarece la valori mari devine nocivă pentru organismul uman sau prezintă pericol de explozie; astfel, prin normele de protecţia muncii se stabileşte concentraţia maximă admisă de praf de cărbune în aer la valoarea $c_o = 15$ mg/m^3, iar limita de explozie de 40 g/m^3 [4].

1. Determinarea concentraţiei de particule solide din medii gazoase care sunt în repaos

Instalaţia experimentală este realizată pentru determinarea concentraţiei de praf de cărbune în aer, metoda de lucru fiind aplicabilă la orice alt gen de particule.

Instalaţia experimentală (fig.1) cuprinde o sursă de poluare, o sondă de captare, un rotametru, un manometru şi o pompă de vid cu caracteristicile: $\dot{V} = 1060$ l / h ; $\Delta h = 110$ mmH_2O; $P = 0{,}75$ kW; $n = 2750$ rot/min.

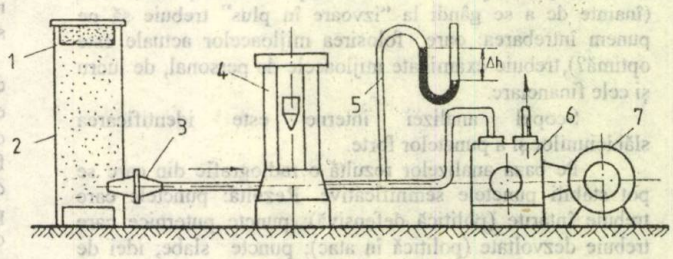


Fig.1. Schiţa instalaţiei experimentale: 1 - sita cu particule; 2 - tub de sticlă; 3 - sondă de captare; 4 - rotametru; 5 - manometru diferenţial; 6 - pompă de vid; 7 - motor electric.

Sursa de poluare o constituie praful de cărbune scuturat din sita **1** ; amestecul de aer şi praf de cărbune este absorbit prin sonda de captare **3** către pompa de vid. În interiorul sondei de captare se află montat un cartuş filtrant, prevăzut cu hârtie de filtru; toate particulele de praf de

* Facultatea Inginerie Mecanică, Universitatea "Politehnica" Bucureşti

cărbune sunt reţinute de hârtia de filtru, astfel că în aval de sondă avem aer desprăfuit [5, 6].

Debitul de aer este măsurat cu ajutorul unui rotametru etalonat pentru aer cu parametrii : p_o = = 760 torr; t_o = 20°C; efectuarea măsurătorii concentraţiei durează un timp $\Delta\tau$.

Deoarece prin depunerea de praf de cărbune pe hârtia de filtru creşte rezistenţa hidraulică a acesteia şi, deci, se reduce debitul de aer aspirat, creşte depresiunea, se vor efectua măsurători atât la începutul experienţei (τ_1), cât şi la sfârşitul ei (τ_2); $\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$ [s].

a) Măsurători iniţiale

- Se cântăreşte la balanţa analitică masa hârtiei de filtru (m_1).
- Se măsoară presiunea şi temperatura mediului gazos pentru a observa dacă diferă faţă de condiţiile de etalonare a rotametrului.
- Se pune în funcţiune pompa de vid şi se notează timpul (τ_1).
- Se măsoară debitul de aer $\dot{V}_{1\,m}$, în l/h, şi depresiunea Δh_1, în mmH_2O.

b) Măsurători finale

- Se măsoară debitul de aer $\dot{V}_{2\,m}$, în l/h, şi depresiunea Δh_2, în mmH_2O.
- Se notează timpul cât a durat experienţa (τ_2), se opreşte pompa de vid.
- Se cântăreşte hârtia de filtru, rezultând m_2.

Din măsurătorile efectuate rezultă:

- timpul scurt: $\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$ [s]
- masa de praf depusă pe filtru $\Delta m = m_2 - m_1$ [g];
- debitul mediu de aer măsurat:

$$\dot{V}_m = \frac{\dot{V}_{1m} + \dot{V}_{2m}}{2} \quad [l/h];$$

- depresiunea medie măsurată:

$$\Delta h_m = \frac{\Delta h_1 + \Delta h_2}{2} \quad [mm\,H_2O].$$

Ulterior, se transformă debitul măsurat în condiţiile existente la aspiraţia în sonde de captare, utilizând ecuaţia termică de stare:

$$\frac{p_m \dot{V}_m}{T_m} = \frac{p_a \dot{V}_a}{T_a} \qquad (1)$$

În relaţia (1) valoarea lui p_m este dată de relaţia:

$$p_m = p_a - \rho g \Delta h_m, \qquad (2)$$

în care:

p_a este presiunea aerului din tubul de sticlă;

ρ - densitatea apei; $\rho = 10^3$ kg/m^3;

g - 9,81 m/s^2.

Dacă se consideră $T_m = T_a$, rezultă:

$$\dot{V}_a \frac{p_m \dot{V}_m}{p_a}, \quad [l/h] \qquad (3)$$

Cunoscând debitul mediu de aer ($\dot{V}_a$) aspirat în sondă şi masa de praf depusă pe hârtie de filtru (Δm) în timpul $\Delta\tau$, concentraţia de praf de cărbune în aer se determină cu relaţia:

$$c_1 = \frac{\frac{\Delta m \cdot 3600}{\Delta\tau}}{\dot{V}_a \cdot 10^{-3}} \quad \left[g/m^3\right] \qquad (4)$$

Ulterior, se compară c_1 cu c_o, în sensul că se calculează $n = c_1 / c_o$; numărul n se va indica ori de câte ori concentraţia de praf de cărbune din aer depăşeşte pe cea admisă.

2. Determinarea concentraţiei de particule solide din gaze aflate în curgere

Metoda elaborată de autor se referă la determinarea concentraţiei de particule solide aflate în conducte pentru transport pneumatic sau alte conducte ce transportă gaze care conţin suspensii.

Înainte de a măsura concentraţia de suspensii (praf, pulberi etc.) se măsoară presiunea dinamică a gazului în anumite puncte din secţiunea transversală a conductei, cu ajutorul unui tub Pitot-Prandtl, rezultând viteza gazului.

Ulterior, se montează acea duză de prelevare (fig.2), care asigură o viteză de absorbţie egală cu viteza medie de curgere a gazului în conductă.

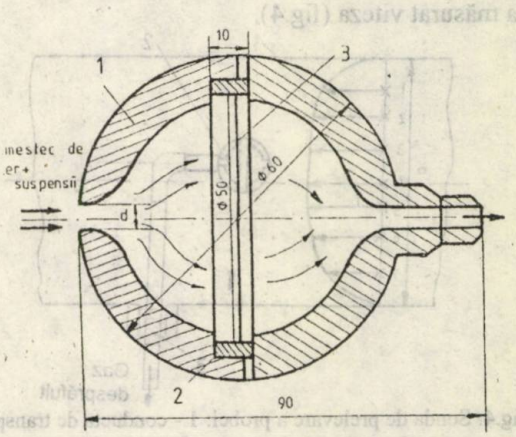


Fig.2. Duză de prelevare a probei: 1 - capul duzei; 2 - casetă; 3 - filtru de hârtie.

Duza este constituită din două emisfere care se îmbină în planul median; în interiorul ei se montează o casetă ce conţine elementul filtrant. Cunoscându-se debitul pompei volumice ($\dot{V}$) care absoarbe amestecul de aer + suspensii se poate calcula diametrul duzei. Cunoscând $\dot{V} = 1{,}06$ m^3/h şi alegând diametrul duzei de 3, 4, 5, 6, 7, 8 mm rezultă valorile vitezei: ($w = \dot{V}/S$); 41,65; 23,43; 14,99; 10,41; 7,65; 5,85 m/s. Cu aceste valori se poate trasa o diagramă $w = f(d)$ prezentată în figura 3.

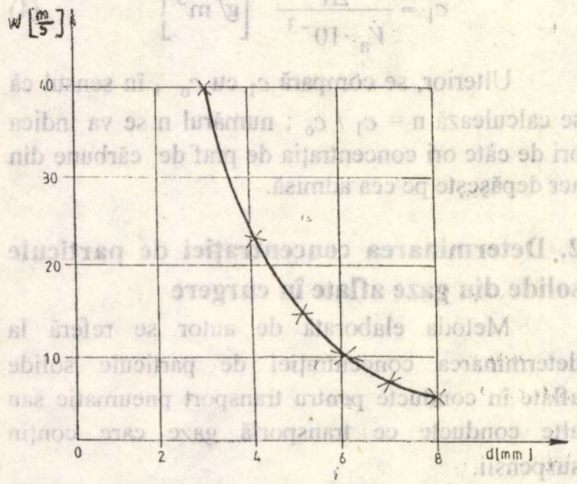


Fig. 3. Variaţia vitezei de aspiraţie în funcţie de diametrul duzei.

După determinarea vitezei medii de curgere a gazului prin conductă, se poate trasa curba din figura 3, reprezentând diametrul duzei necesare pentru măsurători.

Prelevarea probei de amestec (aer + praf de cărbune) se efectuează în aceleaşi puncte în care s-a măsurat viteza (fig.4).

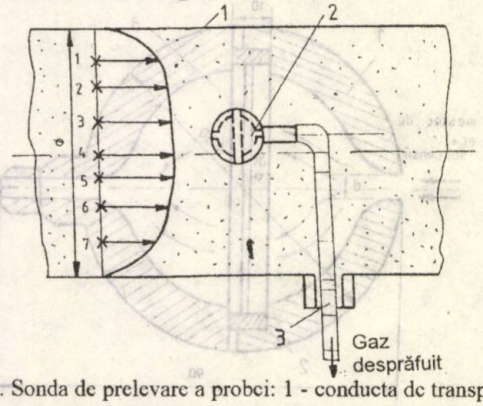


Fig.4. Sonda de prelevare a probei: 1 - conducta de transport a amestecului (aer + praf); 2 - duza de prelevare ; 3 - conducte de legătură la rotametru.

Schema de măsură necesită, ca şi în cazul anterior, un rotametru şi o pompă de vid volumică.

După determinarea concentraţiilor în punctele respective (1 ... 7), se calculează o valoare medie a concentraţiei de particule aflate în gazul care curge prin conducta respectivă.

Utilizând această schemă de măsură au fost determinate concentraţiile de praf de cărbune existente în instalaţiile de desprăfuire de la C.E.T. Doiceşti şi C.E.T Giurgiu*.

Concluzii

Metoda de determinare experimentală a concentraţiei de particule solide în medii gazoase imobile sau în curgere, are un caracter general, ea putând fi aplicată la orice fel de particule solide.

Rezultatele experimentale obţinute în laborator şi în cadrul contractelor de cercetare efectuate la CET Doiceşti şi CET Giurgiu arată o precizie satisfăcătoare a acestei metode*.

BIBLIOGRAFIE

[1] Voicu, V., Casian, E., Barascu, I. *Realizări recente în combaterea poluării atmosferei în industrie.* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1977.

[2] Băran, N., Băran, Gh., Marin. O. *Cercetări teoretice şi experimentale privind instalaţiile de desprăfuire din staţiile de concasare a cărbunelui din termocentrale.* In: Revista Minelor vol. 41, iulie 1990, p.348-351.

[3] Kasatkin, A.G. *Osnovnîe protesî i aparat kimiceskoi tehnologii.* Ed. Gosimzdat, Moskva, 1960.

[4] Tănase, N. *Ghid de protecţie a muncii,* vol. IV., MICH, Bucureşti, 1984.

[5] Bratu, E. *Operaţii şi utilaje în industria chimică,* vol.1-2. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1969.

---

* • Băran, N., Băran. Gh. Cercetarea eficienţei instalaţiilor de desprăfuire din staţiile de concasare din termocentrale. Comunicarea la cel de al IV-lea simpozion ICEMENERG, Oradea, 19 - 20 mai 1988.

• Contract nr. 17-6-5/3.06.1986. Soluţii pentru reducerea concentraţiilor de praf de cărbune din centralele electrice la nivelul concentraţiilor şi dispersiilor maxim admise; beneficiar I.E.C. Doiceţti

• Contract nr.17-7-13/23.XII.1987, Soluţii pentru reducerea concentraţiilor de praf de cărbune din centralele electrice la nivelul concentraţiilor şi dispersiilor maxim admise; beneficiar C.E.T. Giurgiu.

[6] Florea, J., Robescu, D. *Hidrodinamica instalaţiilor de transport hidropneumatic şi de depoluare a apei şi a aerului.* EDP, Bucureşti, 1982.

[7] Dănescu, Al., Băran, Gh., Băran, N. *Cercetări de laborator privind viteza de cădere a particulelor de parf de cărbune.* In: Energetica 25, 1987, nr.6, p. 265-268, Bucureşti.

Referent: fiz. Steliana Candiani - GSCI

(Primit la 3 iulie 1995, acceptat la 24 februarie 1997)

Recenzie

IOANA IONEL şi CORNELIU UNGUREANU: **Termoenergetica şi mediul,** Editura Tehnică, Bucureşti, 1996

Problema poluării atmosferei cu gaze rezultate din arderea combustibililor clasici în centralele termoelectrice îi preocupă din ce în ce mai mult pe specialiştii în domeniul termoenergeticii, întrucât această latură a activităţii umane are o pondere importantă între sursele de poluare.

Lucrarea supusă atenţiei cititorului reprezintă o importantă contribuţie la tratarea acestui subiect în literatura tehnică din ţara noastră, constituind o deschidere spre un domeniu care a devenit prioritar pe plan mondial şi va induce cât de curând importante schimbări structurale în sectorul producţiei de energie electrică şi termică, precum şi, în mod imperios necesar, în mentalitatea oamenilor.

Acest lucru este cu atât mai de luat în seamă în ţara noastră cu cât în decembrie 1995 a apărut Legea Protecţiei Mediului (nr.137), armonizarea legislaţiei naţionale cu cea internaţională constituind ideea centrală a dezvoltării în continuare a cadrului legislativ.

Până la apariţia noilor norme tehnice, a standardelor şi regulamentelor destinate aplicării legii amintite în toate domeniile la care ca se referă, în ceea ce priveşte centralele termoelectrice se operează cu prevederile Ordinului nr.462/1993 elaborat de Ministerul Apelor, Pădurilor şi Protecţiei Mediului, în care sunt date "norme de limitare a emisiilor de poluanţi pentru instalaţiile de ardere".

Lucrarea are 277 pagini şi cuprinde 154 figuri şi 51 tabele; la sfârşitul fiecărui capitol se află bogate referinţe bibliografice, care însumează 214 titluri. Cartea este structurată în următoarele cinci capitole:

Cap.1, **Noxele produse în instalaţiile de ardere,** în care sunt trecute în revistă efectele nocive ale substanţelor poluante care rezultă în urma arderii combustibililor. Sunt menţionate măsurile legislative pentru protecţia mediului şi sunt date metodele de calcul şi de evaluare a emisiilor de noxe.

Cap.2, **Reducerea emisiilor de praf** , tratează instalaţiile pentru desprăfuirea gazelor de ardere prin metodele: gravitaţională, umedă, electrică (electrofiltre) şi cu "medii filtrante".

In cap.3, **Reducerea emisiilor de oxizi de sulf,** sunt analizate în detaliu măsurile primare şi măsurile secundare pentru diminuarea producerii de oxizi de sulf şi respectiv pentru desulfurarea gazelor de ardere.

Cap.4, **Reducerea emisiilor de oxid de azot,** în care se fac consideraţii privind geneza emisiilor de oxid de azot şi se analizează măsurile primare pentru diminuarea producerii de NO_x şi, respectiv, măsurile secundare pentru denoxarea gazelor de ardere.

În cap.5, **Metode de măsurare a emisiilor,** se expun principiile de măsurare a noxelor gazoase şi se descriu, de asemenea, procedeele de analiză a conţinutului de praf din gazele de ardere şi modul de determinare a compoziţiei particulelor de praf.

Lucrarea tratează atât aspecte teoretice ale subiectului abordat, cât şi pe cele practice, cu aplicaţii susţinute prin cele 15 exemple de calcul pe care le conţine.

Cartea se adresează unui cerc larg de cititori, specialişti cu activităţi în domeniul realizării exploatării de centrale termoelectrice, precum şi în domeniul reabilitării sau modernizării acestora. De asemenea, este foarte utilă în activitatea de pregătire a viitorilor ingineri, care vor fi puşi în faţa unor probleme din ce în ce mai acute cu privire la protecţia mediului înconjurător.

Recomandăm cu căldură această carte colegilor termoenergeticieni, şi nu numai lor, întrucât ea poate fi considerată şi un reper pe calea însuşirii sau îmbogăţirii culturii generale tehnice.

ing. MIRCEA CÂRDU
SOCET S.A. Bucureşti

"EXTERNALITĂŢILE" LA AGENŢII ECONOMICI CARE EVACUEAZĂ POLUANŢI ÎN MEDIUL ÎNCONJURĂTOR

ing. OVIDIU ŢUŢUIANU *

Lucrarea face o trecere în revistă a preocupărilor economiştilor din diverse ţări privind costurile datorate poluării. Sunt evidenţiate diverse "sisteme de taxe", precum şi "sisteme de permise negociabile" pentru emisii poluante.

Cunoaşterea şi stăpânirea diverselor instrumente economico-financiare menite să conducă la reducerea emisiilor poluante prezintă utilitate atât pentru autorităţile de mediu, cât şi pentru agenţii economici poluatori din care face parte şi RENEL.

The paper goes over one of the major concerns of the economists from various countries namely the pollution related costs.

The paper focuses on several "tax systems" as well as on the "negociabile permits systems" for the polluting emissions.

The understanding and the appropriate usage of the economic-financial tools meant to reduce the air polluting emissions are useful both for the environmental protection bodies and the polluting economic exterprises including RENEL.

Descriptori: poluator, externalităţi, taxe de poluare, permise negociabile de poluare

Introducere

"Externalităţile" sunt efecte indirecte induse în activitatea unei persoane sau a unui agent economic de către o altă persoană sau un alt agent economic.

În cele mai multe cazuri, efectele externe asupra mediului înconjurător sunt negative (poluarea este prin excelenţă un cost extern), dar există şi cazuri de efecte externe pozitive, ca de exemplu, rolul recreativ al lacurilor de acumulare aferente centralelor hidroelectrice.

1. Internalizarea efectelor externe

Pionierul "economiei bunăstării", Arthur C. Pigou, demonstra, încă din 1920, că prezenţa externalităţilor provoacă o disparitate între costul privat şi costul social al producţiei, care stă la baza unei repartiţii ineficiente a resurselor.

Principiul unui sistem eficient, conform căruia producţia trebuie să se realizeze la costul minim, este infirmat în prezenţa externalităţilor, întrucât costul sau beneficiul extern nu intră în calculul profitului. În consecinţă, deciziile individuale ale unui producător în căutarea unui profit maxim nu sunt socialmente eficiente.

Pentru a corija această deficienţă a pieţii, Pigou a propus utilizarea unei taxe egale cu dauna marginală socială provocată prin activitatea poluantă.

Impunerea unei taxe poluatorului trebuie să inducă o reducere a producţiei (sau a consumului) acestuia la un nivel socialmente optim (este vorba de internalizarea efectelor externe).

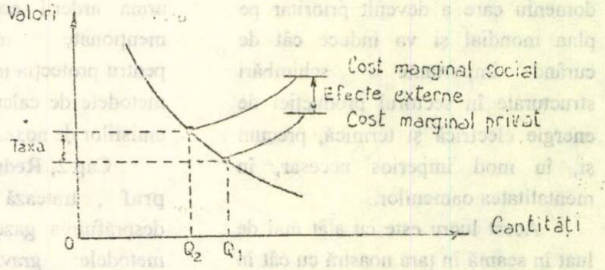


Fig.1. Internalizarea efectelor externe prin taxa Pigou.

După cum se vede în figura 1, introducerea unei taxe corespunzătoare diferenţei între costul privat şi cel social în cazul unei producţii care induce externalităţi negative, permite deplasarea factorului de echilibru între ofertă şi cerere de la Q_1 la Q_2.

Odată cu Pigou şi cu alţi economişti "ai bunăstării" apare principiul "poluatorul plăteşte",

* RENEL - Direcţia strategie

care are în vedere taxarea activităţii poluatoare corespunzător daunelor provocate [1].

2. Optimizarea daunelor prin negocieri

Soluţia propusă de Pigou a fost mult criticată, mai ales datorită faptului că aplicarea ei presupune că autoritatea de reglementare (de mediu) dispune de informaţii complete asupra poluatorilor şi a celor poluaţi.

Ronald Coase (1960), unul din criticii lui Pigou, a avansat ideea negocierilor, subliniind necesitatea de clarificare a drepturilor de proprietate asupra bunurilor ambientale. Astfel, dacă poluatorul deţine dreptul de folosinţă, poluatul va plăti pe poluator, pentru ca acesta să-şi reducă nivelul de poluare. Invers, dacă poluatul deţine acest drept, poluatorul îi va oferi o compensaţie, pentru ca primul să "suporte" în continuare procesul de poluare. Prin negocieri între părţi se poate ajunge la o soluţie optimă. Teoria lui Coase poate constitui o soluţie de tipul "piaţă", în măsura în care sunt bine definite criteriile privind calitatea mediului pentru negocierile directe dintre actori (absenţa autorităţii de reglementare).

Totodată, Coase a pus în evidenţă natura reciprocă a problemei fenomenelor externe: "Problema pusă de obicei sub forma: A provoacă o daună lui B şi trebuie decis cum să fie limitat A este o eroare. Evitarea unei daune asupra lui B ar corespunde inducerii unei daune la A. Ceea ce trebuie decis ar putea fi: trebuie permis lui A să provoace o daună lui B sau lui B să provoace o daună lui A? Problema este de a evita dauna cea mai mare" [1].

3. Nivelul optim al depoluării şi taxa optimă

În anii 1960 -'70, o serie de economişti ca, de exemplu: Kneese şi Bower, 1968; Freeman, 1970; Maler, 1974, au introdus în mod explicit în modelul efectelor externe, costurile de depoluare asociate unei politici de reducere a emisiilor poluante.

Obiectivul viza mai puţin limitarea producţiei şi mai mult necesitatea de a-i determina pe poluatori să-şi reducă efectele negative asupra mediului înconjurător. Maximizarea bunăstării sociale echivalează cu minimizarea costului social al emisiilor, ceea ce se transpune prin însumarea costurilor de tratare (depoluare) şi a celor aferente daunelor [2].

Aşa cum rezultă din figura 2, nivelul de depoluare socialmente optim este fixat prin egalizarea costului marginal al depoluării cu costul daunei marginale sociale (pct. A). O taxă fixată la nivelul de cost T permite să se atingă nivelul de poluare optim (C).

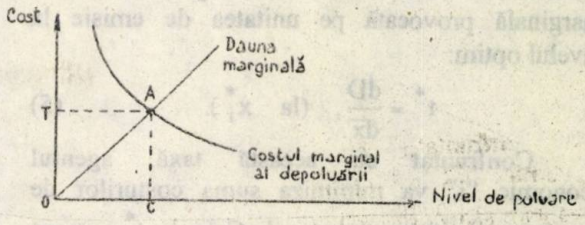


Fig.2. Determinarea nivelului optim al depoluării şi al taxei optime.

Taxa îl incită pe poluator să-şi reducă emisiile la nivelul la care valoarea unitară de taxare este egală cu costul marginal de depoluare. Peste acest prag al depoluării (corespunzător nivelului de poluare C) este preferabil (mai puţin costisitor) să se plătească taxe, decât să se continue reducerea emisiilor.

Considerând "n" agenţi economici, fiecare agent economic "i" cu nivelul de emisie "x_i" , costul global al depoluării care permite limitarea la un nivel total de emisie $\bar{x} = \sum x_i$ este dat de expresia:

$$C^{TOT} = \sum_{i=1}^{n} C_i(x_i). \qquad (1)$$

Presupunem că dauna totală ar fi o funcţie neponderată a sumei emisiilor poluante:

$$D^{TOT} = D\left[\sum_{i=1}^{n} x_i\right] \text{ (D multiplicat cu } \bar{x} = \sum x_i \text{).} \qquad (2)$$

Fiind date funcţiile costurilor şi dauna, problema optimizării revine la selectarea nivelurilor individuale ale emisiilor x_i, care minimizează costul social S:

$$S = \sum_{i=1}^{n} C_i(x_i) + D\left[\sum_{i=1}^{n} x_i\right]. \qquad (3)$$

Condiţiile de optimizare duc la următorul rezultat:

$$-\frac{dc_i}{dx_i} = \frac{dD}{dx_i} = \frac{dD}{d\bar{x}}. \qquad (4)$$

La nivelul optim (x_i^*, i = 1 la n), costul marginal al depoluării este acelaşi pentru toate întreprinderile şi egal cu dauna marginală.

Această situaţie poate fi obţinută în două moduri:

- fie impunând un nivel de depoluare diferenţiat pe fiecare agent economic, astfel că pentru agentul economic i, $x_i \leq x_i^*$;

- fie impunând o taxă uniformă asupra emisiilor, a cărei valoare este egală cu dauna marginală provocată pe unitatea de emisie la nivelul optim:

$$t^* = \frac{dD}{d\bar{x}}, \quad (\text{la } x_i^*). \qquad (5)$$

Confruntat cu această taxă, agentul economic "i" va minimiza suma costurilor de depoluare şi pentru plata taxei, $C_i(x_i) + t^* x_i$, ceea ce se obţine când:

$$-\frac{dc_i}{dx_i^*} = t^* = \frac{dD}{dx}. \qquad (6)$$

În general, factorii de mediu (aer, apă, sol etc.) nu sunt afectaţi în mod omogen de un singur tip de emisii poluante. Efectele depind de condiţiile geografice specifice, de gradul de calitate a mediului existent etc.

Pentru a conserva caracterul de optim al taxei pentru poluare este necesar ca aceasta să fie diferenţiată în funcţie de daunele reale provocate, ţinând seama de capacitatea de autoepurare a mediului ambiant (Spofford, Russel, Kelly, 1976; Tietenberg 1978) [1].

4. Taxa eficace

Pe măsură ce politicile de mediu au devenit o necesitate în activitatea celor mai multe ţări din OCDE, economiştii au început să se orienteze către normele de calitate care definesc concentraţii maxime admisibile de poluanţi în mediu (aer, apă), care au deplasat problema către minimizarea costurilor de producţie şi a depoluării în condiţiile respectării unui plafon global de emisii. S-a definit astfel o "soluţie eficace" în loc de "o soluţie optimă".

Pentru atingerea unei asemenea eficienţe s-au proiectat sisteme de taxe (Kneese şi Bower, 1972; Baumol şi Oates 1988, Tietenberg, 1985) [1], care permit reducerea costului global al depoluării prin folosirea unei reguli comune (taxă uniformă de depoluare la plafonul de emisii impus fiecărei surse poluatoare).

Fie doi agenţi economici A şi B, care emit un anumit poluant; B prezintă costuri de depoluare inferioare lui A (pentru acelaşi nivel de reducere a emisiilor).

Fie R nivelul de reducere a emisiilor globale corespunzător normei de calitate a mediului fixată de autoritatea de mediu. Pentru atingerea acestui obiectiv, autoritatea poate alege între două modalităţi de reglementare: norme [3] sau taxe.

Impunerea unei taxe uniforme (t^*) duce la niveluri de reducere a emisiilor (R_1 şi R_2) diferenţiate între poluatori (fig. 3).

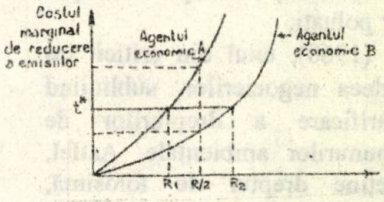


Fig. 3. Costul marginal de reducere a emisiilor.

Poluatorul care poate realiza mai uşor (cu costuri mai mici) reducerea emisiilor sale este mai avantajat. Acest sistem permite reducerea costului colectiv în raport cu situaţia în care la fiecare poluator s-ar fi impus un nivel de reducere uniform ($R/2 = (R_1+R_2)/2$).

Principala dificultate a aplicării taxelor constă în determinarea valorii eficace (t^* în exemplul precedent), care să permită atingerea obiectivului de depoluare fixat.

Dacă la primul pas se constată că nu s-a atins acest obiectiv, trebuie crescută taxa prin aproximaţii succesive [1].

5. Piaţa emisiilor poluante

Încă din 1968, economistul canadian Dales a propus crearea unor "pieţe ale dreptului de poluare", numite şi "sisteme de permise negociabile pentru emisii poluante". Agenţia de Protecţia Mediului din SUA (EPA) aplică, din anii '70, astfel de sisteme în diverse programe ca, de exemplu: a) "Programul creditului de reducere a emisiilor"; b) Programul fazei prioritare; c) Programul de reducere a substanţelor care afectează stratul de ozon; d) Piaţa de reducere a SO_2 (Barakat şi Chamberlin, 1991; Hahn şi Al, 1989) [2].

Aceste sisteme au la bază ideea că, în loc de a se fixa norme sau limite de emisii aplicabile la sursele individuale, autoritatea de reglementare (de mediu) atribuie, sau pune în vânzare, "permise de poluare" (sau de "emisie") pentru o cantitate globală, corespunzătoare nivelului de poluare maxim acceptabil. Aceste permise pot în continuare să fie cumpărate sau vândute între agenţii economici.

Un agent economic va avea interesul să cedeze o parte din permisele pe care le deţine, dacă preţul de vânzare al acestora depăşeşte costul marginal de depoluare.

Invers, un agent economic va achiziţiona permise suplimentare (pentru a avea dreptul să emită o cantitate suplimentară de emisii poluante), dacă preţul de achiziţie este inferior costului sau de reducere a emisiilor.

Dezvoltarea schimbului de permise trebuie astfel să ducă la un preţ de echilibru la care se egalizează costurile marginale de depoluare ale diferiţilor poluatori. Teoretic, este vorba de o soluţie bazată pe un principiu de eficienţă economică echivalent cu cel al unei taxe. Această soluţie evită problema neconcordanţei valorii taxei cu obiectivul de mediu, garantând "a priori" satisfacerea obiectivului de calitate fixat.

Concluzii

Cunoaşterea şi stăpânirea diverselor instrumente economico-financiare menite să ducă la reducerea emisiilor poluante constituie necesităţi primordiale ale autorităţii de mediu, dar, totodată, sunt utile şi agenţilor economici.

Experienţa sistemului permiselor negociabile din SUA, precum şi cea legată de taxarea principalilor poluanţi atmosferici aplicată în ţările scandinave [2, 5], pot ajuta şi pe specialiştii români în adaptarea la condiţiile locale a celor mai corespunzătoare soluţii.

Sectorul energetic, care se înscrie printre principalii poluatori, trebuie să analizeze şi să preia experienţa pozitivă internaţională în acest domeniu şi să colaboreze, pe principiul "negocierilor", cu autoritatea de mediu, astfel încât costurile de depoluare să fie minime.

Considerăm că iniţiativele RENEL privind: normarea globală a emisiilor de SO_2 pe ansamblul termocentralelor pe cărbune, însuşită deja de autoritatea de mediu [4], promovarea unei convenţii de reducere globală (pe ansamblul termocentralelor) a emisiilor de SO_2 , NO_x şi CO_2 [5], precum şi poziţia cu privire la eventuala introducere a taxei pe CO_2 în sectorul energetic [6], trebuie continuate şi adâncite sub aspectul fundamentărilor economico-financiare, pentru a fi cât mai convingătoare în faţa autorităţii de mediu.

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x *La regulation des pollutions: les enseignements de la theorie des externalités EDF, Etudes Economiques Générales, DEPS, 14.09.1994.*

[2] x x x *Economic Approach to Environmental Problems What Price the Environment ?* Final Draft, UNIPEDE, 3 February 1994.

[3] x x x *Condiţii tehnice privind protecţia atmosferei,* aprobate prin Ordinul Ministrului Apelor, Pădurilor şi Protecţiei Mediului (MAPPM) nr. 462/01.07.1993.

[4] x x x Scrisoarea MAPPM nr. 12797/IJ/09.06.1994

[5] Ţuţuianu, O., Fulger. D., Vieru, A. şi Feher. M. *Premise şi soluţii privind o abordare globală a emisiilor de poluanţi gazoşi pe ansamblul termocentralelor RENEL.* In: Volumul Sesiunii Jubiliare "ICEMENER 35", Bucureşti , 4-5 mai, 1995.

[6] Ţuţuianu, O., Fulger. D., Vieru, A. şi Feher. M . *Is a Carbon/CO_2 Taxes Implementation Timely for the Electricity and Heat Generation in Romania ?* In: Proceedings of Section VII, "CNE '96", Neptun-Olimp, 1-5 sept, 1996, p.103-109

Referent: ing. Vasile Rugină - Fondul Proprietăţii de Stat

(Primit la 17 februarie 1997, acceptat la 24 februarie 1997)

CONSIDERAŢII CU PRIVIRE LA DIMENSIONAREA FILTRELOR DE ABSORBŢIE PE CRITERIUL MINIMULUI PUTERII BATERIILOR DE CONDENSATOARE

Ing. ROMULUS SFICHI*

Lucrarea sintetizează şi sistematizează metodologia calculului preliminar de stabilire a parametrilor filtrelor de absorbţie necesare limitării efectelor nocive ale regimului deformant în reţelele electrice de transport şi distribuţie.

Metodologia se referă la filtrele de absorbţie al căror rol esenţial este compensarea regimului deformant şi are în vedere un criteriu de optimizare ce constă în minimizarea puterii reactive a bateriilor de condensatoare din componenţa lor.

Se aduc contribuţii la stabilirea unor relaţii de calcul operative în contextul respectării prescripţiilor şi standardelor româneşti şi internaţionale.

The paper synthesizes and systematizes the preliminary calculation methodology for establishing the parameters of the absorption filters necessary to limit the harmful effects in the event of the distorting operating conditions in the power transmission and distribution networks.

The methodology refers to the absorption filters whose basic role consists in the distorting operating conditions compensation and et relies on an optimization criterion which ultimately results in the reactive power minimization along the capacitor banks.

The paper also makes a contribution to the establishment of some effective calculation relations which meet the Romanian and international specifications and standards requirements.

Descriptori: compatibilitate electromagntică, regim deformant, filtre de armonici

Consideraţii generale

Pentru limitarea efectelor nocive ale regimului deformant din reţelele sistemelor electroenergetice, se utilizează în mod curent filtre de absorbţie (absorbante sau trece-bandă) conectate în paralel cu receptoarele deformante.

Acest tip de filtre se realizează sub forma simplă a unor scheme constituite din bobine şi condensatoare dispuse în serie şi care aduse în stare de rezonanţă, pe frecvenţele armonicilor de curent prezente pe bara de racordare, vor scurtcircuita aceşti curenţi, protejând astfel atât consumatorii, cât şi reţeaua de implicaţiile nefavorabile ale regimului deformant.

La frecvenţa fundamentală filtrele absorbante funcţionează în regim capacitiv, asigurând compensarea puterii reactive inductive, necesară, de regulă, în cazul consumatorilor cu receptoare inductive şi deformante (fig.1).

Aşadar, filtrele pot avea rol dublu:- diminuarea efectelor nefavorabile ale regimului deformant şi compensarea puterii şi energiei reactive a receptoarelor inductive.

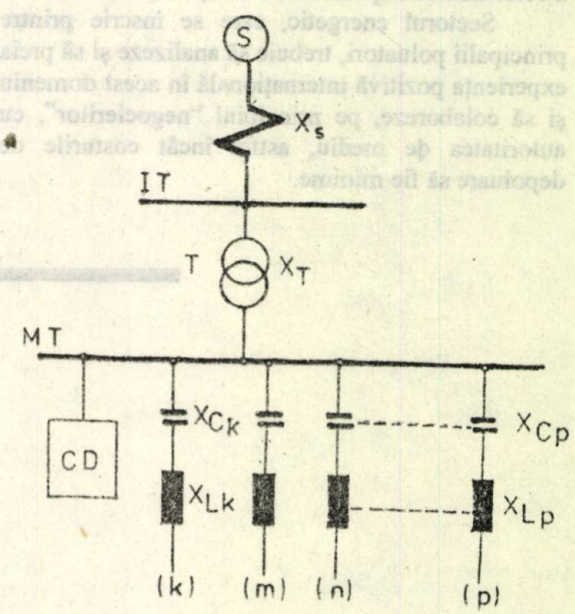


Fig.1. Schema de principiu a unei baterii de filtre absorbante.

* FRE Suceava

Sunt însă cazuri practice în care rolul esenţial al acestor filtre îl constituie limitarea regimului deformant. În astfel de situaţii unul din principalele criterii de dimensionare a acestor filtre constă în minimizarea puterii reactive a bateriilor de condensatoare din componenţa lor, în scopul reducerii costului acestor baterii [5, 6, 7].

În cele ce urmează, vom aborda mai în detaliu acest criteriu, încercând să sintetizăm şi să sistematizăm o metodologie utilă calculelor preliminare de proiectare.

1. Ipoteze de calcul

Consideraţiile ce urmează au în vedere regimul staţionar din circuite electrice liniare, trifazate simetrice, ce funcţionează în regim deformant.

Principalele ipoteze simplificatoare privind calculul de dimensionare a filtrelor de absorbţie pe criteriul minimizării puterii reactive a bateriilor de condensatoare se referă la neglijarea rezistenţei echivalente a acestora în raport cu reactanţa lor, precum şi la faptul că factorul (coeficientul) de pierderi dielectrice tgδ (tangenta unghiului de pierderi) al condensatoarelor se consideră independent de rangul armonicilor (principalele armonici prezente în sistemele electroenergetice având rangurile k = 5, 7, 9, 11, 13).

De asemenea, se neglijează efectul pelicular cu precizarea că rezistenţa electrică echivalentă a filtrului nu se poate neglija la calculul factorilor de calitate ai acestuia.

2. Dimensionarea parametrilor filtrelor

Presupunem că pe bara de racordare a filtrelor sunt prezente armonicile de curent cu rangurile k, m, n, ... , p. În cele ce urmează se va considera o singură celulă de filtrare din bateria de filtre pentru armonica de curent de rang k şi valoarea efectivă I_k.

Calculul celorlalte celule se efectuează în mod analog. Puterea reactivă pe fază a condensatoarelor filtrului [2] este :

$$Q = Q_1 + Q_k;\ Q_1 = a_k^2 \omega_1 C U_f^2;\ Q_k = \frac{I_k^2}{k\omega_1 C},\quad (1)$$

în care:

Q_1 şi Q_2 sunt puterile pe fază ale bateriei de condensatoare la frecvenţa fundamentală f_1= 50 Hz, respectiv la frecvenţa $f_k = kf_1$;

U_f - tensiunea pe fază a barei de racordare a filtrului;

C - capacitatea electrică a bateriei de condensatoare;

a_k - reprezintă un coeficient de supratensiune exprimat prin relaţia :

$$a_k = \frac{k^2}{k^2 - 1}.\quad (2)$$

Din (1) rezultă că Q este o funcţie de capacitatea C, definită prin relaţia:

$$Q(C) = a_k^2 \omega_1 C U_f^2 + \frac{I_k^2}{k\omega_1 C},\ C \in (0, \infty).\quad (3)$$

Dat fiind că

$$Q_1 Q_2 = \frac{1}{k}(a_k I_k U_f)^2 = \text{const.},$$

rezultă că $Q(C)$ are valoarea minimă atunci când $Q_1 = Q_k$, condiţie din care se determină:

$$C = C_m = \frac{I_k}{a_k \omega_1 U_f \sqrt{k}}.\quad (4)$$

Evident,

$$Q_{min} = Q(C_m) = 2\frac{a_k}{\sqrt{k}} I_k U_f.\quad (5)$$

Determinarea inducţiei bobinei de reactanţă se face din condiţia de rezonanţă a filtrului pe frecvenţa f_k, pentru care $X_C = k^2 X_L$. Rezultă :

$$L_m = \frac{1}{k^2 \omega_1^2 C_m}.\quad (6)$$

Utilizând (2) şi având în vedere că $\omega_1 = 2\pi f_1 = 10^2 \pi$ rad/s, relaţiile (4), (5) şi (6) se pot transcrie sub formele:

$$C_m \alpha_k \frac{I_k}{U_f};\ \alpha_k = \frac{10(k^2 1)}{\pi k^2 \sqrt{k}} \cdot 10^{-3}\ \text{s/rad},\quad (7)$$

$$L_m = \beta_k \frac{U_f}{I_k};\ \beta_k = \frac{a_k}{\pi k \sqrt{k}} \cdot 10^{-2}\ \text{s/rad}\quad (8)$$

$$Q_{min} = \gamma_k I_k U_f;\ \gamma_k = \frac{2k\sqrt{k}}{k^2 - 1}.\quad (9)$$

Pentru principalele armonici cu valori efective mai pronunţate din reţelele electrice de transport şi distribuţie, în tabelul 1 se dau valorile coeficienţilor a_k, α_k, β_k şi γ_k, determinate potrivit relaţiilor (2), (7), (8) şi (9).

În baza relaţiilor (7), (9 şi 8), precum şi a tensiunii U_f, respectiv frecvenţei f_1, se aleg condensatoarele şi bobinele. După definitivarea valorilor C şi Q_C se procedează la verificarea

restricţiilor impuse de prevederile STAS 7083-71 privind supraîncărcările maxim admise faţă de valorile nominale (I_N, U_N şi Q_N) în regim sinusoidal:

$$I_C \le 1,3\,I_N;\ U_C \le 1,1\,U_N;\ Q_C \le 1,43\,Q_N, \quad (10)$$

în care (I_C, U_C şi Q_C) sunt curentul, tensiunea şi puterea bateriei de condensatoare a filtrului considerat.

Din (14) rezultă că, şi în situaţia în care $U_{Ck} << U_{C1}$, tensiunea la bornele bateriei de condensatoare creşte faţă de tensiunea reţelei, datorită conectării bobinei de reactanţă în serie cu bateria.

Într-adevăr:

$$U_C = a_k U_f = U_{C1}, U_{Ck} << U_{C1}. \quad (15)$$

Tabelul 1

k	3	5	7	9	11	13
a_k	1,125	1,041	1,020	1,012	1,008	1,005
$\alpha_k \cdot 10^3$ (s/rad)	1,634	1,367	1,179	1,048	0,952	0,878
$\beta_k \cdot 10^2$ (s/rad)	0,069	0,029	0,017	0,012	0,008	0,006
γ_k	1,299	0,931	0,771	0,675	0,608	0,558

Pentru realizarea condiţiei (10_2) este suficientă alegerea unor condensatoare având $U_N > U_f$. De regulă, practic, condiţiile (10_1) şi (10_3) se îndeplinesc. Pentru a verifica restricţiile (10) se determină I_C şi U_C:

$$I_C = \sqrt{a_k^2 \omega_1^2 C^2 U_f^2 + I_k^2}. \quad (11)$$

$$U_C = \sqrt{a_k^2 U_f^2 + \frac{I_k^2}{k^2 \omega_1^2 C^2}}. \quad (12)$$

Tensiunea la bornele bateriei de condensatoare U_C exprimată prin (12) se consideră, de către unii autori [3], pentru cazul cel mai defavorabil, în sensul că armonica fundamentală a acestei tensiuni şi armonica de rangul k sunt simfazice. În această situaţie, relaţia de calcul al tensiunii U_C este:

$$U_C = a_k U_f + \frac{I_k}{k\omega_1 C}. \quad (13)$$

Dacă restricţiile (10) sunt îndeplinite se trece şi la alegerea bobinei de reactanţă. În caz contrar se reia calculul pentru o nouă structură a bateriei de condensatoare.

3. Câteva comentarii cu privire la aplicarea criteriului de calcul considerat

3.1. Din relaţia (12), devenită (13) pentru cazul cel mai defavorabil, rezultă că:

$$U_C = U_{C1} + U_{Ck};\ U_{C1} = a_k U_f;\ U_{Ck} = \frac{I_k}{k\omega_1 C}. \quad (14)$$

Cu aproximaţia (15) şi în situaţia limită $U_N = U_f$, aplicarea restricţiei (10_2) conduce la inegalitatea $a_k < 1,1$, adică

$$\frac{k^2}{k^2 - 1} < 1,1,$$

din care $k > \sqrt{11} \approx 3,31$, ceea ce înseamnă să se pot construi asemenea filtre numai pentru $k \ge 4$.

3.2. Puterea reactivă a filtrului pe o fază, la frecvenţa fundamentală, este

$$Q_1 = a_k \omega_1 C U_f^2. \quad (16)$$

Comparând (16) cu (1_2), rezultă că puterea reactivă furnizată de bateria de condensatoare, pe o fază, la frecvenţa fundamentală:

$$Q_{C1} = a_k Q_1. \quad (17)$$

Cum $a_k > 1$, rezultă că $Q_{C1} > Q_1$, diferenţa $Q_{C1} - Q_1$ reprezentând puterea reactivă de magnetizare a bobinei:

$$Q_{L1} = \frac{Q_{C1}}{k^2}. \quad (18)$$

Relaţia (18) scoate în evidenţă valoarea redusă (de k^2 ori mai mică) a puterii reactive de magnetizare a bobinei în raport cu puterea reactivă a bateriei de condensatoare.

În ipoteza utilizării criteriului minimului puterii reactive a bateriei de condensatoare, din (1), (5) şi (9) rezultă:

$$Q_{C1} = \frac{1}{2}\gamma_k I_k U_f. \quad (19)$$

În această situaţie, din (17) şi (18) rezultă relaţiile:

$$Q_1 = \frac{1}{2a_k}\gamma_k I_k U_f;\ Q_{L1} = \frac{1}{2k^2}\gamma_k I_k U_f. \quad (20)$$

care sunt necesare unor verificări ale bilanţului puterii reactive a filtrului.

Anexa 1

Exemplu de calcul

Se consideră un consumator cu receptoare deformante la tensiunea U= 20 kV, pentru care este necesară compensarea regimului deformant cauzat în principal de armonica cu rangul k = 5, I_5 = 16 A.

Să se dimensioneze parametrii filtrului trifazat de absorbţie necesar, având în vedere f_1 = 50 Hz.

1. Tensiunea pe fază a barei de racordare a filtrului este:

$$U_f = U/\sqrt{3} = 20/\sqrt{3} = 11{,}54 \text{ kV}.$$

2. Aplicând relaţiile (7) şi (9) se obţin:

$C_m = 1{,}895\ \mu F$; $Q_{min} = 171{,}9$ kvar.

3. Se adoptă condensatoare de 100 kvar, câte două în serie pe fază Q_N = 200 kvar, de tipul CSC 6, 34/50-100-2E [4] , conectate în stea şi având tensiunea pe fază $U_N = 2 \times 6{,}34 = 12{,}68$ kV.

Curentul nominal al bateriei este:

$$I_N = \frac{Q_N}{U_N} = \frac{200}{12{,}68} = 15{,}77 \text{ A}$$

Capacitatea pe fază a bateriei este:

$$C = \frac{Q_N}{\omega_1 U_N^2} = \frac{200 \cdot 10^3}{100\pi \cdot 12{,}68^2} = 3{,}96\ \mu F$$

4. Aplicând relaţiile de calcul (11), (13) şi (3), se obţin:

$I_C = 16{,}52$ A; $U_C = 14{,}58$ kV; $Q = 277{,}83$ kvar.

5. Verificând restricţiile STAS 7083-71 se constată că acestea sunt îndeplinite: $I_C = 1{,}04\, I_N$, $U_C = 1{,}1\, U_N$ şi $Q = 1{,}39\, Q_N$.

6. Se determină inductanţa bobinei de reactanţă cu relaţia (6), în care $C_m = C$ şi se obţine L = 102, 44 mH.

BIBLIOGRAFIE

[1] Antoniu, I. S. *Bazele electronicii*, vol.2. Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1974.

[2] Ionescu, Al. *Combaterea efectului deformant al redresoarelor şi cuptoarelor electrice în reţelele electrice de distribuţie.* ICDT, Bucureşti, 1969.

[3] Chiuţă, I., Conecini, I. *Compensarea regimului energetic deformant.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1989.

[4] x x x PE 120/85. *Instrucţiuni pentru compensarea puterii reactive în reţelele electrice ale furnizorului de energie şi la consumatorii industriali şi similari.* ICEMENERG , Bucureşti, 1985.

[5] Puşcaşu, S., Marcovici, J. *Mărimi şi regimuri electrice nesinusoidale.* Editura Scrisul Românesc, Craiova, 1974.

[6] Bălă, C., Ţogui, L.,Covrig, M. *Bobine de reactanţă pentru sisteme energetice.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1982.

[7] Sfichi, R. *Asupra unor probleme de compensare a puterii reactive corelate cu reducerea regimului deformant în instalaţiile electroenergetice.* În: Energetica, vol. 29, nr.2-3/1981, pag. 76-81.

Referent: dr. ing. Miron Laurenţiu Goia - GSCI

(Primit la 30 noiembrie 1992, acceptat la 1 aprilie 1993)

Sistemul informatic utilizat în conducerea prin dispecer a sistemului energetic al Greciei

Compania Publică de Electricitate (Public Power Corporation - PPC) din Grecia a pus în funcţiune structura EMS-SCADA (Energy Management System - Supervisory, Control And Data Aquisition), destinată conducerii sistemului energetic naţional. Sistemul EMS-SCADA a fost considerat o necesitate pentru creşterea siguranţei în funcţionare, asigurarea parametrilor de calitate ai energiei electrice şi funcţionarea în condiţii de eficienţă.

Caracteristicile principale ale sistemului energetic grec

Compania publică de electricitate, PPC, asigură producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice pentru întreaga ţară. Capacităţile de producţie ale companiei asigură aproximativ 98% din consumul naţional şi cuprind termocentrale cu combustibil lignit şi păcură şi hidrocentrale (tabelul 1, figura 1). În zona de nord-vest a Greciei se află importante zăcăminte de lignit. În această zonă, în apropiere de Ptolemaida sunt amplasate principalele termocentrale ale ţării, care produc 66% din electricitatea necesară Greciei continentale. Termocentralele din zona Peloponez, de asemenea bogată în zăcăminte de lignit, contribuie într-o măsură importantă la producţia de energie electrică a ţării. Producţia de energie electrică pe bază de hidrocarburi este localizată în apropierea Atenei. Hidrocentralele aflate în nordul ţării, sunt utilizate în special pentru acoperirea vârfului de sarcină.

Tabelul 1

PPC - Structura producţiei de energie electrică

Tipul centralei electrice	Putere instalată [MW]	Putere instalată [%]	Energie produsă [GWh]	Energie produsă [%]
Termocentrale lignit	4533.0	54.0	25.2	77.0
Hidrocentrale	2523.0	30.4	2.6	8.0
Termocentrale păcură	1240.0	15.0	4.3	13.0
Import			0.6	2.0
Total	8296.0	100.0	32.7	100.0

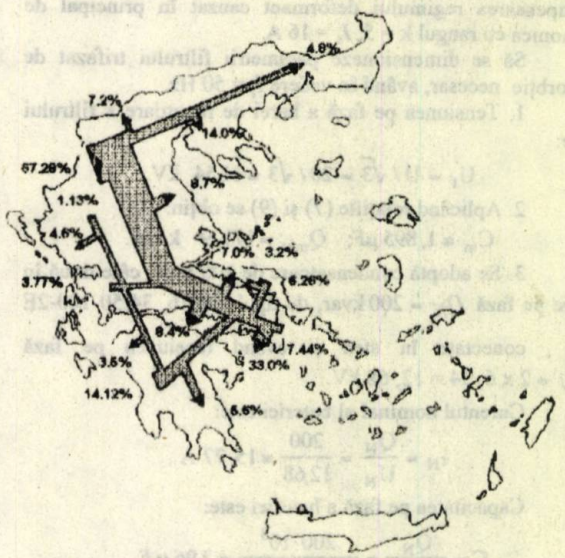


Fig.1. Grecia. Repartiţia geografică a producţiei şi consumului de energie electrică

Sistemul de transport al energiei electrice se bazează pe linii de 400 kV şi 150 kV (fig. 2, tabelul 2). Pentru interconectarea insulei Corfu cu Grecia continentală este utilizată o linie de 66 kV. Sistemul de distribuţie este alcătuit, în principal, din linii radiale de 20 kV, existând şi linii de 22 kV şi 15 kV. Grecia este interconectată printr-o linie de 150 kV şi una de 400 kV cu Albania, linii de 150 kV şi 400 kV cu fosta Iugoslavie şi 400 kV cu Bulgaria. Se prevede realizarea unei legături printr-un cablu submarin de 400 kV cu Italia şi este în studiu o linie de 400 kV pentru a realiza interconectarea cu Turcia.

Tabelul 2

Caracteristici ale sistemului grec de transport al energiei electrice

Linii electrice	km	Staţii electrice	Număr	Transformatoare	Număr
400kV dublu circuit	1700	400 kV/150 kV	17	400 kV/150 kV	36
400kV simplu circuit	240	150 kV/mt	153	150 kV/mt	360
150kV dublu circuit	2500				
150kV simplu circuit	5000				

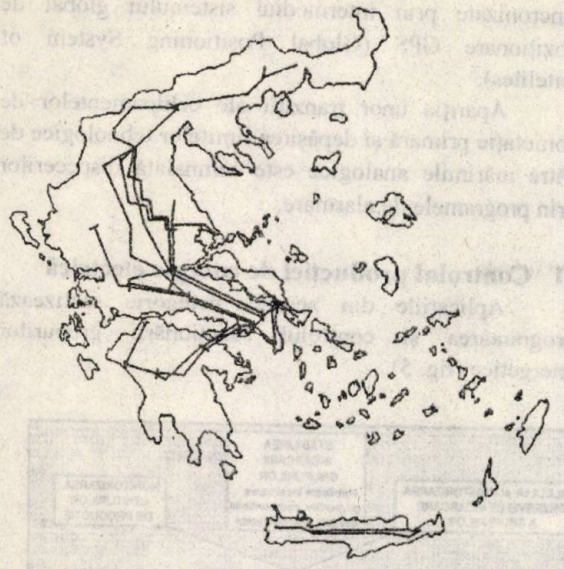


Fig.2. Principalele linii electrice din sistemul electroenergetic grec.

Arhitectura sistemului EMS-SCADA

Considerat ca fiind unul dintre cele mai moderne sisteme de conducere din cadrul companiilor europene de electricitate, sistemul EMS-SCADA utilizat în cadrul PPC realizează creşterea siguranţei şi securităţii în exploatarea sistemului energetic, reducerea probabilităţii căderii sistemului, posibilitatea unei rapide restaurări după avarii, optimizarea exploatării şi controlul parametrilor de calitate ai energiei. În cadrul sistemului de conducere prin dispecer grec se evidenţiază două dispecerate teritoriale: Northern Regional Control Center (NRCC) situat în Ptolemaida, în apropierea marilor termocentrale cu combustibil lignit, şi Southern Regional Control Center (SRCC), localizat în Stefanos, în apropierea Atenei. Dispeceratul Naţional (National Control Centre NCC) este situat, de asemenea, în Stefanos. Legătura NCC cu SRCC se realizează în mod redundant, printr-o triplă magistrală Ethernet pe fibră optică, iar cea cu NRCC este realizată prin trei canale de microunde închiriate, la 9600 bps, şi un canal propriu de curenţi purtători de înaltă frecvenţă pe linii de înaltă tensiune (Power Line Carrier PLC) la 4800 bps (fig. 3). Protocolul de comunicaţie este DECNET.

Legăturile dintre dispeceratele teritoriale şi echipamentele de control aflate în staţiile electrice (Remote Terminal Units - RTUs) sunt realizate prin linii redundante PLC şi canale microunde la viteze de 300, 600 şi 120 bps. Volumul comunicaţiilor cu cele 240 RTU se ridică la 15000 măsuri analogice, 48000 mărimi de stare şi 11000 comenzi digitale şi valori ale parametrilor de reglaj.

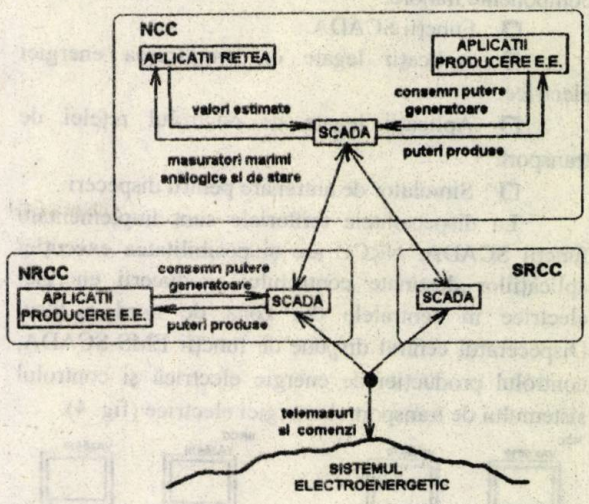


Fig.3. Conducerea prin dispecer a sistemului electroenergetic grec.

Arhitectura hardware din cele trei dispecerate este asemănătoare şi cuprinde:

- două servere VAX 6610, fiecare cu 96 MB RAM, în cazul NCC, sau două servere VAX6410, în cazul NRCC şi SRCC;
- memorie comună, formată din două unităţi de bandă magnetică şi şase unităţi de disc a câte 1.2 GB fiecare, accesibile prin intermediul a două disk-servere;
- trei console operator VAX3100 model 76, ce pot fi asignate la orice server;
- panou sinoptic cu indicatoare digitale ;
- console VAX3100 model 30 pentru inginerii de sistem;
- consolă pentru antrenament;
- console neoperative pentru personalul de conducere al dispeceratelor VAX3100 model 76 ;
- imprimante.

La dispeceratele teritoriale au fost prevăzute câte două servere de comunicaţie VAX3400, cu rol de "Front-End" în comunicaţia cu echipamentele RTU din staţiile electrice. Fiecare dintre cele două servere de comunicaţie poate asigura, în cazul defectării celuilalt, comunicaţia cu toate RTU.

Sistemul de operare utilizat este VAX-VMS, iar interfaţa grafică este realizată utilizând X-Windows şi Motif.

Funcţiile sistemului EMS-SCADA

Varietatea aplicaţiilor incluse în sistemul EMS-SCADA utilizat de PPC face din acesta unul dintre cele mai complete sisteme de conducere prin dispecer.

Funcţiile sistemului pot fi clasificate în patru componente majore:

- ❒ Funcţii SCADA.
- ❒ Aplicaţii legate de producerea energiei electrice.
- ❒ Aplicaţii legate de controlul reţelei de transport.
- ❒ Simulator de antrenare pentru dispeceri .

La dispeceratele teritoriale sunt implementate funcţii SCADA. NRCC are şi posibilitatea execuţiei aplicaţiilor destinate controlului producerii energiei electrice în centralele din zona de nord a ţării. Dispeceratul central dispune de funcţii EMS-SCADA, controlul producţiei de energie electrică şi controlul sistemului de transport al energiei electrice (fig. 4).

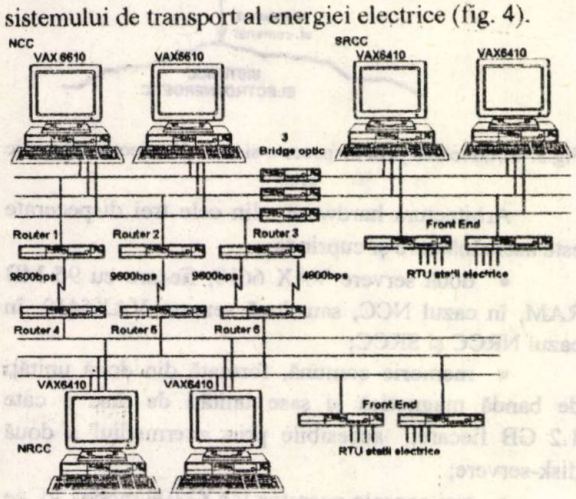


Fig. 4. Arhitectura sistemului EMS - SCADA grec.

❒ Funcţiile SCADA

Asigurarea acurateţii datelor din proces şi a securităţii transmiterii acestora, precum şi a comenzilor au fost principalele obiective avute în vedere în proiectarea sistemului SCADA.

Modificările mărimilor digitale asociate stării dispozitivelor de comutaţie şi protecţiilor, sesizate prin sistemul de întreruperi al echipamentelor RTU, sunt transmise fără temporizare, cu prioritate maximă, către dispecerate. Achiziţia mărimilor analogice din proces se face cu periodicitate de 2, 4 şi 10 secunde. Cea mai mare viteză de citire este specifică puterilor active în noduri şi pe linii. Pentru tensiunile nodale şi fluxurile de reactiv citirile se fac la 4 secunde. Puterilor active şi reactive consumate le este asigurată frecvenţa cea mai scăzută de citire. Evenimentele sunt memorate în ordine cronologică, fiecare având asociat timpul.

Sincronizarea temporală a echipamentelor este realizată de către serverele aflate la cele trei dispecerate, prin mesaje speciale de sincronizare transmise către RTU. Aceste servere sunt, la rândul lor, sincronizate prin intermediul sistemului global de poziţionare GPS (Global Positioning System of Satelites).

Apariţia unor tranziţii ale echipamentelor de comutaţie primară şi depăşirea limitelor tehnologice de către mărimile analogice este semnalată dispecerilor prin programele de alarmare.

❒ Controlul producţiei de energie electrică

Aplicaţiile din această categorie realizează programarea şi controlul funcţionării grupurilor energetice (fig. 5).

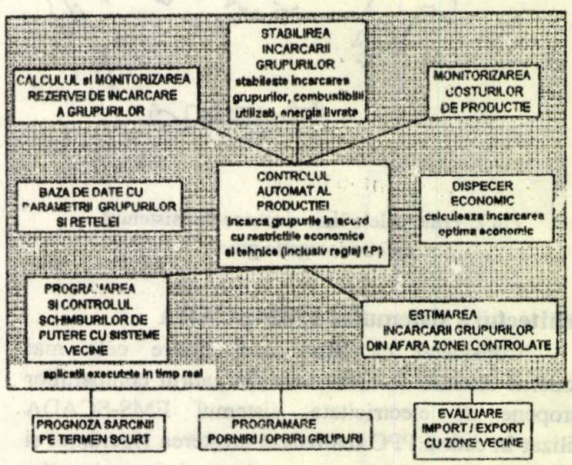


Fig.5. Controlul producţiei de energie electrică.

Principale aplicaţii din această categorie sunt:

◊ *Crearea şi actualizarea bazei de date cu parametrii grupurilor generatoare.*

◊ *Controlul în timp real al producţiei de energie electrică şi reglajul frecvenţei în sistem.*

◊ *Programarea opririlor şi pornirilor grupurilor energetice în funcţie de cerinţele tehnice, tehnologice şi economice.*

◊ *Prognoza sarcinii pe termen scurt şi mediu.*

◊ *Analiza oportunităţii şi optimizarea schimburilor de energie cu sistemele vecine .*

◊ Prin intermediul funcţiei de *creare şi actualizarea bazei de date* cu parametrii grupurilor generatoare sunt furnizate celorlalte funcţii modelele matematice ale grupurilor generatoare, ale regulatoarelor aferente şi valorile parametrilor specifici. În baza de date sunt incluse şi consumurile specifice de combustibil ale grupurilor în funcţie de încărcarea acestora şi costurile combustibililor. Parametrii din baza de date sunt actualizaţi off-line de către operatori şi on-line de către sistemul SCADA. Modelele matematice introduse sunt validate off-line

de către programe specializate. Este, de asemenea, verificată compatibilitatea cu baza de date care conţine parametrii şi configuraţia reţelei de transport.

◊ ***Controlul în timp real al producţiei de energie electrică şi reglajul frecvenţei în sistem*** sunt principalele obiective ale conducerii sistemului de producere a energiei electrice. Acestea se realizează prin monitorizarea şi controlul încărcării grupurilor, reglajul frecvenţei, dispecerizarea economică a încărcării grupurilor, monitorizarea rezervelor de încărcare a grupurilor, monitorizarea costurilor producerii energiei. Obiectivul principal este reglarea încărcării grupurilor astfel încât să se realizeze un cost minim şi să fie respectate următoarele restricţii:

- menţinerea frecvenţei sistemului;
- menţinerea nivelului schimburilor energetice programate cu sistemele vecine (reglaj secundar frecvenţă putere de schimb);
- încadrarea în limitele tehnologice de funcţionare a grupurilor;
- asigurarea rezervei de putere turnantă;
- asigurarea performanţelor impuse pentru reglajul frecvenţă-putere.

Realizarea controlului în timp real al producţiei de energie electrică este sprijinită de următoarele aplicaţii:

- "Dispecer economic", care permite dispecerului să determine încărcările optime pentru un set de grupuri selectate. Încărcarea acestor grupuri trebuie să fie făcută cu respectarea restricţiilor privind acoperirea consumului, menţinerea schimburilor de putere programate, a rezervei turnante de putere şi a restricţiilor tehnologice de funcţionare a grupurilor.

- "Monitorizarea costurilor de producţie", care furnizează dispecerului costul mediu al producerii energiei în zona controlată.

- "Monitorizarea rezervei de încărcare a grupurilor" calculează rezerva de încărcare a grupurilor şi semnalează dispecerului când rezerva turnantă din zona controlată scade sub limitele impuse.

- "Stabilirea încărcării grupurilor" şi a combustibililor utilizaţi de către acestea este făcută pe criterii economice cu respectarea limitelor tehnologice. Această aplicaţie stabileşte punctul de funcţionare pentru fiecare din grupurile din zona studiată. Funcţionarea grupurilor va înregistra oscilaţii faţă de aceste puncte, datorită comenzilor primite de la regulatoarele de frecvenţă.

- "Programarea şi controlul schimbului de putere cu zonele vecine" permite dispecerilor modificarea puterilor schimbate între sisteme, în scopul importului, exportului sau asigurării unui tranzit de energie prin sistemul propriu. Modificările în schimburile de putere sunt însoţite de verificarea prealabilă a încărcării liniilor de legătură.

- "Estimarea încărcării grupurilor din zonele vecine" furnizează dispecerului informaţii privind producţia de energie în zonele vecine. Este utilizat un model simplificat de calcul al programării pornirilor şi opririlor grupurilor. Informaţiile sunt utilizate pentru programarea schimburilor de putere cu zonele vecine.

- "Controlul automat al producţiei de energie electrică şi al frecvenţei (reglajul frecvenţă - putere)" permite dispecerului să supravegheze şi să regleze frecvenţa şi puterea activă produsă în zona controlată. Se primesc date în timp real de la toate grupurile şi din nodurile consumatoare, cu o periodicitate de două secunde. La fiecare patru secunde sunt prelucrate datele primite şi sunt furnizate noile semnale de consemn reglaj pentru regulatoarele grupurilor energetice. Semnalele de consemn reglaj sunt transmise în mod individual pentru grupurile termoenergetice. Pentru fiecare hidrocentrală este transmis un singur consemn de reglaj. Regulatorul central al hidrocentralei realizează repartiţia puterii între grupuri.

◊ ***Programarea pornirilor şi opririlor grupurilor energetice*** este o funcţie de analiză off-line. Principalul obiectiv al acestei funcţii este să realizeze optimizarea, din punct de vedere economic, a graficului pornirilor şi opririlor grupurilor energetice, ţinând cont de acoperirea curbei de sarcină, rezerva turnantă de putere şi schimburile de putere cu zonele vecine. Aplicaţia utilizată de PPC realizează programarea pentru perioade de până la 7 zile consecutive. Analizele se fac pornind de la condiţiile existente în sistem la momentul analizei, de la o situaţie anterior memorată a stării sistemului sau de la condiţii anticipate. Timpul necesar pornirii fiecărui grup energetic este un factor care influenţează planificarea efectuată.

◊ ***Prognoza sarcinii pe termen scurt şi mediu*** determină off-line consumurile orare estimate de energie electrică pentru un interval de până la o săptămână în avans faţă de ziua curentă. Pentru prognoză sunt utilizate tehnici de regresie. Programul de calcul este structurat pe trei modele matematice, prognoza consumului săptămânal, prognoza consumului zilnic, componenta dependentă de factorii meteorologici. Factorii avuţi în vedere în prognoza consumului de energie electrică sunt consumurile din perioade anterioare, indicatorii de evoluţie a consumului şi factorii meteorologici. Consumurile din perioadele anterioare sunt clasificate în nouă tipuri caracteristice de zile, fiecare dintre acestea având o curbă de sarcină orară specifică. Modelul matematic

pentru aprecierea influenţelor meteorologice operează cu variabile meteorologice multiple. Programul este proiectat astfel încât să permită interacţiunea operatorului, putându-se folosi, astfel, experienţa acestuia şi introduce efectele unor elemente aleatoare.

◊ *Analiza oportunităţii şi optimizarea schimburilor de energie cu sistemele vecine* este o aplicaţie de optimizare pe termen lung. Datele de intrare sunt furnizate de prognoza consumului de energie, de posibilitatea de încărcare a grupurilor şi costurile asociate şi de posibilităţile schimburilor energetice cu sistemele vecine. Rezultatul acestei analize îl constituie programarea pe termen lung (până la un an) a funcţionării grupurilor energetice, astfel încât costul acoperirii cererii de energie pe perioada luată în calcul să fie minimizat. Prin program se realizează şi programarea reparaţiilor grupurilor energetice, avându-se în vedere asigurarea rezervei de putere. Metoda de calcul utilizată este programarea dinamică.

❒ Controlul sistemului de transport al energiei electrice

Acest set de funcţii presupune modelarea reţelei de transport bazată pe:

- Modelarea topologiei reţelei de transport, cuprinzând lista echipamentelor şi modul în care acestea sunt interconectate.
- Descrierea parametrilor fiecărui echipament şi modelarea funcţionării acestuia.
- Limitele impuse în funcţionarea componentelor reţelei.
- Modelarea prin echivalenţi a sistemelor vecine.
- Modelarea dinamicii sarcinii electrice (putere activă şi reactivă).
- Definirea contingenţelor ce trebuie analizate.
- Definirea parametrilor regulatoarelor.
- Alegerea funcţiei obiectiv pentru optimizarea regimului permanent.

Aplicaţiile de control al sistemului de transport al energiei electrice sunt împărţite în două clase: aplicaţii executate în timp real şi aplicaţii executate off-line (fig. 6). Aplicaţiile executate în timp real sunt estimatorul de stare, monitorizarea funcţionării sistemului şi analiza contingenţelor. Aplicaţiile executate în mod studiu sunt calculul regimului permanent, calculul regimului permanent optimizat şi analiza contingenţelor.

Întreaga secvenţă de aplicaţii în timp real este executată în mod normal cu o frecvenţă de zece minute. Apariţia unor evenimente în sistem (schimbarea stării aparatelor de comutaţie primară, variaţii mari ale puterilor) determină automat lansarea în execuţie a acestor aplicaţii. Se pot defini succesiuni de execuţie mai complexe, cum ar fi execuţia extimatorului de stare în fiecare minut şi analiza contingenţelor la zece minute sau execuţia în mod continuu a tuturor funcţiilor de analiză în timp real a funcţionării sistemului de transport.

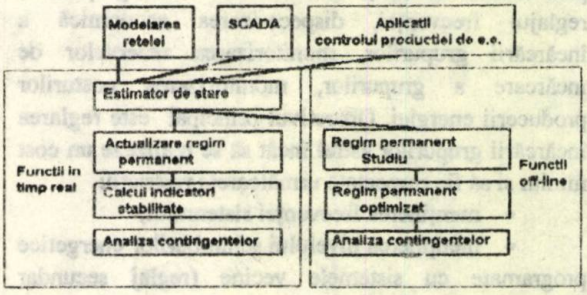


Fig.6. EMS-SCADA - Funcţii de analiză a funcţionării sistemului de transport al energiei electrice.

Informaţiile care modelează sistemul împreună cu măsurătorile SCADA şi informaţiile primite de la programele de control al producţiei de energie electrică sunt utilizate de către estimatorul de stare. Estimatorul de stare include analiza topologiei reţelei, analiza observabilităţii sistemului şi estimarea stării. Datele furnizate de estimatorul de stare sunt utilizate pentru monitorizarea în timp real a funcţionării sistemului şi pentru analiza contingenţelor şi optimizarea regimurilor permanente. Estimatorul de stare utilizat de PPC este caracterizat prin:

- soluţionarea simultană a ecuaţiilor care descriu zonele de reţea pentru care există măsurători şi zonele în care acestea lipsesc,
- funcţia de observabilitate bazată pe analiza topologică,
- capabilitatea de a estima prizele pe care funcţionează transformatoarele,
- transformarea ortogonală a ecuaţiilor sistemului,
- modelare variabilă în timp a sarcinii.

Analiza contingenţelor furnizează, în urma determinării regimului permanent prin metoda Newton-Raphson, informaţii asupra mărimilor care depăşesc limitele tehnologice. Contingenţele pot fi ierarnizate funcţie de amploarea efectelor acestora. Aceste informaţii sunt utilizate de către dispecer, pentru a lua măsurile necesare evitării contingenţelor periculoase. Analiza contingenţelor se poate face în timp real, operând asupra bazei de date care conţine valorile mărimilor care caracterizează starea sistemului, determinate la ultima rulare a estimatorului

de stare sau în mod "studiu" asupra unei baze de date anterior prelevată.

Calculul regimului permanent permite operatorilor să studieze valorile puterilor şi tensiunilor nodale şi ale circulaţiilor de putere în laturi, pentru diferite ipoteze de funcţionare. Regimul permanent este calculat cu metoda Newton-Raphson.

La determinarea regimului permanent optimizat pot fi luate în calcul diferite funcţii obiectiv:

- minimizarea costului energiei produse;
- minimizarea pierderilor de putere activă în reţeaua de transport utilizată, când valorile puterilor active produse de generatoare sunt impuse prin alte criterii de calcul, dar se poate opera asupra tensiunilor şi puterilor reactive pentru a influenţa circulaţia de putere;
- minimizarea globală a costului energiei în sistem.

Simulatorul pentru antrenarea dispecerilor

Simulatorul de antrenare a dispecerilor operează asupra unui set de date, care descrie starea funcţionării sistemului energetic la un moment de timp selectat. Pornind de la această stare, se pot modifica parametrii de funcţionare şi simula avarii. Aplicaţiile disponibile pot fi împărţite în două categorii:

- modelarea funcţionării sistemului energetic şi a răspunsului acestuia la simularea modificării unor parametri de funcţionare şi a unor comutaţii în reţeaua de transport. Principala aplicaţie din această categorie este calculul regimului permanent (determinarea puterilor şi tensiunilor nodale şi a circulaţiilor de putere prin laturile reţelei). Frecvenţa este determinată în ipotezele că aceasta este unică în întreg sistemul şi că nu au loc pendulaţii între generatoare;
- simularea funcţionării sistemului EMS. Este posibilă execuţia off-line, cu prioritate scăzută a aplicaţiilor EMS de control al sistemului de transport şi control al producţiei de energie electrică;

Concluzii

Conducerea prin dispecer a sistemelor energetice moderne necesită sisteme EMS-SCADA cu performanţe ridicate. Sistemul EMS-SCADA utilizat de PPC poate fi inclus în categoria sistemelor cu caracteristici tehnice ridicate, datorită atât performanţelor tehnice şi de fiabilitate ale echipamentelor, cât şi complexităţii programelor EMS. Proiectat în structură modulară şi în conformitate cu principiile sistemelor deschise sistemul poate fi extins cu noi funcţii şi echipamente. Deşi în prezent comunicaţia între echipamentele aflate în diverse puncte ale sistemului energetic este limitată de viteza canalelor de comunicaţie avute la dispoziţie, este de aşteptat ca într-un viitor apropiat să fie operate modificări. Sunt evidente influenţele pozitive pe care noul sistem EMS-SCADA le-a avut asupra siguranţei exploatării sistemului energetic grec şi optimizării costurilor producerii energiei.

BIBLIOGRAFIE

[1] Asteriadis, A., Chelidonis,N., Rigos,A., Charomoglis,P. *The Generation Subsystem Implementation of the Energy Management System of the Public Power Corporation of Greece*, Athens Power Tech Conference, Greece, 1993

[2] Boardman,E., Christofordis, G., Korinides, T., Jampala, A. *The Network Subsystem Implementation of the Energy Management System of the Public Power Corporation of Greece*, Athens Power Tech Conference, Greece, 1993

[3] Rigos, A., Koronides, T., Charamoglis, P., Cachet, J.M. *A Modern Energy Management System for the Control of the Hellenic Generation and Transmission System*, Athens Power Tech Conference, Greece, 1993

[4] CEGELEC & COGELEX-ALSTHOM, *Characteristics of the Hellenic Modern EMS-SCADA System.*

Ing. DANA CHIRVASE, Ing. MARIUS HARSAN, Ing. DRAGOŞ PETRICICĂ - Grupul de Studii, Cercetare şi Inginerie - Centrul de Informatică şi Telecomunicaţii

⇨ (continuare din p.171)

Marketingul furnizorului de energie electrică

Prin funcţia de marketing devine posibilă:

➢ cunoaşterea pieţelor, a posibilităţilor potenţiale de valorificare a energiei a structurii consumatorilor, formarea atitudinii comerciale;

➢ justificarea necesităţii existenţei firmei, eliminarea concurenţei prin extinderea serviciilor către consumatori;

➢ mobilizarea forţelor de valorificare.

➢ *Cunoaşterea pieţelor, a posibilităţilor potenţiale de valorificare a energiei, a structurii consumatorilor, formarea atitudinii comerciale*

Analizele pieţei, efectuate prin studii calitative şi cantitative, fac posibilă cunoaşterea potenţialului de consum. Cercetarea zonelor geografice poate să ajute la dezvoltarea serviciului de furnizare de energie electrică şi la planificarea investiţiilor aferente. În domeniul consumului se analizează toate sectoarele pieţei (piaţa industrială, piaţa populaţiei, piaţa serviciilor) din punctul de vedere al variaţiilor înregistrate, clasele de consumatori, dinamica acestora etc. Segmentarea consumatorilor - în funcţie de caracteristici şi pretenţii - face posibilă alcătuirea unor grupe omogene. În fiecare segment se pot combina diverse abandonări între ele, ceea ce se denumeşte *mix*. Părţile acestuia sunt:

- Oferta. Se oferă fiecărui segment servicii cu preţuri specifice (de exemplu: *pentru consumul casnic:* consultaţii de tarife, balanţe de consum, balanţe calorice; *pentru consumul industrial:* consultaţii de tarife, obligaţii asumate de furnizor să rămână sub un anumit prag al întreprinderilor în alimentare, sfaturi privind utilizarea energiei electrice).
- Modalităţi ale produselor sau serviciilor. Exemple: consumatorii casnici, ca parteneri, se pot baza pe electricieni. Furnizorul de servicii încheie contracte de colaborare cu ei pentru reclame privind utilizarea energiei electrice. Aceste contracte conţin obligaţii reciproce, cu luarea în considerare a rezultatelor acţiunii.
- În privinţa consumatorilor industriali şi agenţilor economici, este avantajos să se întreţină relaţii de parteneriat cu constructorii şi cu instituţiile de proiectare.
- Informaţii asupra produsului şi serviciilor.

Consumatorii casnici trebuie să primească lămuriri, conform specificului şi pretenţiilor grupei; de exemplu, diferenţele dintre consumatorii urbani şi rurali se pot cunoaşte prin analize tipologice, devenind, astfel, posibil transferul de informaţii cu scop precis şi adaptat.

- Politica tarifară. Poate să apară necesitatea unei politici de ajutor a anumitor tipuri de consumatori.

➢ *Justificarea necesităţii existenţei firmei, eliminarea concurenţei prin extinderea serviciilor către consumatori*

Extinderea serviciilor oferite consumatorilor face necesară înfiinţarea unui serviciu de urmărire a concurenţei, cu următoarele scopuri:

- să se poată ieşi în întâmpinarea pretenţiilor consumatorilor, legate de necesitatea alimentării cu energie sau necesitatea de utilizare a energiei ;
- să se cunoască firmele concurente noi şi vechi, care valorifică energie electrică, gaze naturale, propan butan sau combustibili lichizi;
- să se cunoască oferta de servicii a celorlalte servicii publice (telefon, căi ferate, poştă). Este necesară şi înfiinţarea unui serviciu de relaţii cu publicul, cu următoarele obiective:
  - apropierea de client şi cunoaşterea pretenţiilor acestuia;
  - măsurarea nivelului serviciului oferit de firmă;
  - oferirea de servicii adaptate la persoană;
  - introducerea de servicii noi;
  - să se facă comunicări externe despre servicii.

De exemplu, în sectorul industrial firma poate oferi următoarele servicii:

- informaţii despre întreruperile planificate;
- asumarea unor obligaţii asupra valorilor limită ale întreprinderilor de scurtă şi lungă durată;
- informaţii tarifare;
- sfaturi privind utilizarea energiei;
- servicii ce se pot oferi populaţiei;
- informaţii privind calitatea produselor;
- îmbunătăţirea serviciului oferit clienţilor;
- asumarea unor obligaţii şi garanţii privind serviciile oferite. Consumatorilor cu încălzire electrică li se pot oferi următoarele servicii:
  - îndrumător de încălzire electrică şi consultaţii;
  - consultaţii privind tariful cel mai avantajos;
  - prognoză de consum şi urmărirea acestuia.

➢ *Mobilizarea forţelor comerciale*

Obiectivele strategiilor pe termen lung ale firmei şi direcţiile acestora se pot defini în planul de afaceri pe termen lung (strategic).

Priorităţile de valorificare şi de dezvoltare a serviciilor sunt cuprinse în planuri de trei ani; acestea sunt: planul comercial de marketing şi planul de marketing servicii. Acţiunile cuprinse în planurile de marketing se pot desface pe planuri operative anuale.

Mobilizarea forţelor comerciale mai poate fi obţinută şi prin măsurarea activităţii de valorificare a energiei şi a extinderii serviciilor, aprecierea gradului de satisfacere a consumatorilor, feed-backul rezultatelor, motivarea priorităţilor.

Totodată, se va urmări evitarea fragmentării eforturilor, amestecarea obiectivelor, abordarea unei grupări de obiective prea ambiţioase.

Articol apărut în revista ELEKTROTECHNIKA, nr. 4/1996, Ungaria)

Traducere realizată de ing. Cucu Alexandru şi ing. Makai Zoltan - FRE Oradea

CONTENTS

CONSTANTIN JIANU, ADRIAN ADAM, MIHAELA MOLDOVAN , CONSTANTIN NEAGA, LUCIAN MIHĂESCU, TUDOR PRISECARU, GABRIEL NEGREANU : Analysis of several types of low NO_x hydrocarbons firied burness based on the flame processes digital modelling 147

MARIA ŞOVA, DAN CENTEA, VASILE ŞOVA, DANIELA ŞOVA: Computer-assisted combustion diagram for a mixture of a solid (or liquid) fuel and a gaseous fuel 154

ION FĂTU , GHEORGHE LĂZĂROIU: Computer based systems for power plants control 159

NICOLAE PĂNOIU , GHEORGHE LĂZĂROIU: Various opinions on the possibility of converting the powdered coal fired boilers to the circulating fluidized bed combustion 167

NICOLAE BĂRAN: Considerations on the air powdered cial concentration measuring methods 172

OVIDIU ŢUŢUIANU: Considerations on the pollution control in the case of the economic units releasing pollutants into the environment 176

ROMULUS SFICHI: Considerations on the absorption filters dimensioning based on the condenser bank minimum power criterion 180

ENERGY WORLDWIDE

DANA CHIRVASE, MARIUS HARSAN, DRAGOŞ PETRICICĂ: The information system for the boad dispatcher control of the Greek power system 184

INFORMATION

GERARD GATLLARD: Brief presentation of the electricity supplier marketing based on the EDT practice 153, 171,190

REVIEW

MIRCEA CÂRDU: Ioana Ionel, Corneliu Ungureanu "Thermal power system and the environment " 175

SOMMAIRE

CONSTANTIN JIANU, ADRIAN ADAM, MIHAELA MOLDOVAN., CONSTANTIN NEAGA, LUCIAN MIHĂESCU, TUDOR PRISECARU, GABRIEL NEGREANU : L'analyse de plusieurs types de brûleurs à hydrocarbures à niveau bas de NO_x en utilisant la modélisation numérique des processus de la flamme 147

MARIA ŞOVA, DAN CENTEA, VASILE ŞOVA, DANIELA ŞOVA: Diagramme de combustion assistée par ordinateur pour un mélange de combustibles solide (ou liquide) et gazeux 154

ION FĂTU , GHEORGHE LĂZĂROIU: Systémes assistés par ordinateur pour le contrôle des centrales électriques 159

NICOLAE PĂNOIU , GHEORGHE LĂZĂROIU: Des points de vue sur la possibilite d'adapter les chandières à charbon pulvérisé à la combustion en lit fluidisé circulant 167

NICOLAE BĂRAN: Considérations sur les méthodes de mesure de la concentration de la poussière de charbon dans l'air 172

OVIDIU ŢUŢUIANU: Les externalités chez les agents économiques qui déchargent des polluants dans l'environnement 176

ROMULUS SFICHI: Considérations sur le dimensionnement des filtres d'absorption basé sur le critère du minimum de puissance des batteries de condensateurs 180

L'ENERGIE DANS LE MONDE

DANA CHIRVASE, MARIUS HARSAN, DRAGOŞ PETRICICĂ: Le système informatique utilisé dans le contrôle par dispatches du système énergétique de la Grèce 184

INFORMATIONS

GERARD GATLLARD: Brève présentation du marketing du fournisseur d'énegie électrique sur la base de la pratique d'EDF 153, 171, 190

COMPTE - RENDU

MIRCEA CÂRDU: Ioana Ionel, Corneliu Ungureanu "Termoénergetique et l'environnement" 175

INHALT

CONSTANTIN JIANU, ADRIAN ADAM, MIHAELA MOLDOVAN , CONSTANTIN NEAGA, LUCIAN MIHĂESCU, TUDOR PRISECARU, GABRIEL NEGREANU: Untersuchung verschiedener NO_x armen Kohlenwasserstoffbrenner mit Hilfe der numerischen Verbrennungsprozeβmodellierung 147

MARIA ŞOVA, DAN CENTEA, VASILE ŞOVA, DANIELA ŞOVA: Computer unterstützte Aufstellung des Verbrennungsdiagramms für eine Mischung eines festen mit einem gasförmigen Brennstoff 154

ION FĂTU , GHEORGHE LĂZĂROIU: Verwaltungssysteme der Kraftwerke mittels Computer 159

NICOLAE PĂNOIU , GHEORGHE LĂZĂROIU: Aussichtspunkte bezüglich der Umrüstung von Kesseln mit Staubbrennern zu zirkulierenden Wirbelschichtkesseln 167

NICOLAE BĂRAN: Betrachtungen bezüglich der Kohlenstaubkonzentrationsmessung in der Luft 172

OVIDIU ŢUŢUIANU: "Äußere Räumlichkeiten" für umweltbelastende Unternehmen 176

ROMULUS SFICHI: Betrachtungen über die Dimensionierung der Absorbtionsfilter mittels dem Minimum der Kondensationsleistung der Batterien 180

AUSLANDSNACHRICHTEN

DANA CHIRVASE, MARIUS HARSAN, DRAGOŞ PETRICICĂ: Anwendung des Informationssystems bei der Dispatscherdienstleitung des energetischen Stromsystems aus Griechenland 184

INFORMATIONEN

GERARD GATLLARD: Kurze Darstellung zum Marketing Prozeβ der elektrischen Energieversorgung auf Grund der EDF Erfahrung 153, 171,190

BUCHBESPRECHUNG

MIRCEA CÂRDU: Ioana Ionel, Corneliu Ungureanu "Energietechnik und Umwelt" 175

СОДЕРЖАНИЕ

КОНСТАНТИН ЖИАНУ, АДРИАН АДАМ, МИНАЕЛА МОЛДОВАН, КОНСТАНТИН НЕАГА, ЛУЧИАН МИХЭЕСКУ, ТУДОР ПРИСЕКАРУ, ГАБРИЕЛ НЕГРЕАНУ : Анализ некоторых решений горелок с низким содержанием NO_x в дымовых газах с помощью цифрового моделирования пламменных процессов 147

МАРИЯ ШОВА, ДАН ЧЕНТЕА, ВАСИЛЕ ШОВА, ДАНИЕЛА ШОВА: Составление диаграммы сгорания для смеси твердого (или жидкого) и газового топлив с помощью ЭВМ 154

ИОН ФЭТУ, ГЕОРГЕ ЛЭЗЭРОЮ: Системы управления через ЭВМ электроцентралями 159

НИКОЛАЕ ПЭНОЮ, ГЕОРГЕ ЛЭЗЭРОЮ: Возможность приспособления котлов на угольной пыли к сгоранию в циркулирующем слое 167

НИКОЛАЕ БЭРАН: Соображения по возможности измерения концентрации угольной пыли 172

ОВИДЮ ЦУЦУЯНУ: Стоймости охраны окружающей среды - главная проблема загрязнящих промышленных обчектов 176

РОМУЛУС СФИКИ : К вопросу определения размеров поглащающих филтров на основе критэрия минимальной мощности батерей конденсаторов 180

ИЗ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

ДАНА КИРВАСЕ, МАРИУС ХЫРСАН, ДРАГОШ ПЕТРИЧИКЭ: Информационная система для управления греческой энергетической системой с помощью диспетчера 184

ИНФОРМАЦИИ

ДЖЕРАРД КАЙАРД: Краткое представление деятельности маркетинга поставчика электричества на основе практики EDF 153, 171,190

РЕЦЕНЗИЯ

МИРЧЕА КЫРДУ: Иоана Ионел, Корнелю Унгуреану "Теплоэнергетика и окружающая среда" 175

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1983

Regia Autonomă de Electricitate RENEL Romania

Grupul de Studii, Cercetare şi Inginerie

Bd. Energeticienilor 8, 79619 Bucureşti, Romania
tel. 401 321 6966, 401 323 6730, fax 401 321 1010
e-mail: cide@cci. vsat. ro, telex: 10783 gsci r
Cont bancar: 30.11.8.01.01 BCR fil. sect. 3, Bucureşti

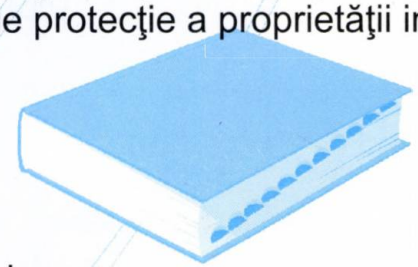
CIDE - CENTRUL DE INFORMARE ŞI DOCUMENTARE ENERGETICĂ
tel.: 321.69.66/307; 323.67.30/235; fax.: 321.10.10

Serviciul Documentare **tel. 321 69 66/ 149**	**Serviciul Editură** **tel. 323 67 30/ 144**
Serviciul Tipografie **tel. 323 67 30/ 287**	**Serviciul Arhivare şi Protecţia Proprietăţii Intelectuale** **tel. 321 69 66/ 245 şi 288**

PRINCIPALELE ACTIVITĂŢI

- Conceperea şi coordonarea sistemului de activităţi de informare documentară în conformitate cu strategia RENEL.
- Selectarea, analizarea, prelucrarea şi diseminarea informaţiilor din domeniul energiei.
- Administrarea bazei de date bibliografice SIDEnerg.
- Realizarea de cercetări bibliografice şi sinteze documentare pe teme date.
- Elaborarea, redactarea şi editarea de publicaţii primare sau secundare.
- Efectuarea de traduceri prelucrate şi retroversiuni.
- Asigurarea de servicii editoriale, de tipografie şi fotomultiplicare.
- Asigurarea serviciului de arhivare şi de protecţie a proprietăţii intelectuale.

CIDE VĂ OFERĂ



- Cercetări bibliografice pe teme date
- Traduceri prelucrate şi retroversiuni
- Servicii de împrumut bibliotecar
- Servicii de tipografie şi xerografiere
- Procesare computerizată, text şi imagine
- Publicaţii: Energetica
  Producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice şi termice
  Securitatea muncii
  Buletin informativ pentru energie
  Normative energetice

100 % INFORMAŢIE

CIDE

Regia Autonomă de Electricitate Romania RENEL

Grupul de Studii Cercetare şi Inginerie

Bd. Energeticienilor 8, 79619 Bucureşti, Romania
tel: 40-1-321.6966, 40-1-323.6730, fax: 40-1-321.1010
e-mail: srai@cci. vsat. ro, telex: 10783 icce r
Cont bancar: 30.11.8.01.01 BCR fil. sect. 3, Bucureşti

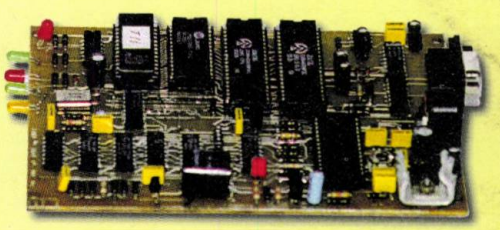
CENTRUL DE SERVICII tel: 40-1-322.5412 tel/fax: 40-1-321.4365

CSv

Este continuatorul, la nivel calitativ superior, al tradiţiei pozitive a IRME, pionierul activităţilor de modernizări şi raţionalizări de echipamente energetice. În ultimii ani, odată cu recapitalizarea şi retehnologizarea fabricaţiei şi serviciilor, pe fondul impulsurilor calitativ noi, induse de resorturile economiei de piaţă, centrul a trecut la modernizarea şi diversificarea produselor, atacând cu competenţă licitaţii severe cu ieşire la export. Centrul îşi propune să acţioneze cu mult curaj, atât pe piaţa energetică internă, cât şi pe cea externă.

Producem şi livrăm

- aparate de măsură, încercări electrice / electronice
- instalaţii de reglaj şi dispozitive de protecţie
- echipamente de telemecanică şi automatizări
- elemente şi echipamente de telecomunicaţii
- aparate şi mijloace de măsurare mărimi neelectrice

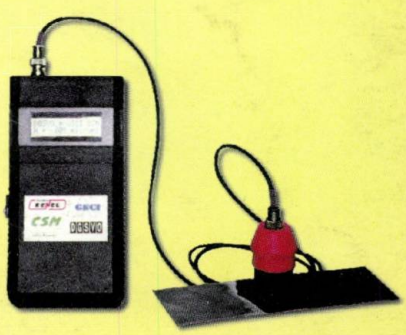


Asigurăm

⇒ servicii de calitate
⇒ produse performante
⇒ promptitudine

Realizări

* echipamente de reglare a excitaţiei generatoarelor sincrone
* rame de montaj pentru treceri de cabluri
* instalaţii pentru monitorizarea bazinelor hidrografice
* indicatoare de tensiune 1,2. . .400 kV
* instalaţii ecologice de desprăfuire
* echipamente de telecomunicaţii pe liniile electrice aeriene
* dispozitive de cuplare automată a generatoarelor şi reţelelor
* truse pentru determinarea defectelor motoarelor
* aparate pentru determinarea rigidităţii dielectrice a uleiurilor
* aparate pentru măsurarea rezistenţei prizelor de pamânt
* dispozitive pentru determinarea grosimii stratului de vopsea
* generatoare şi receptoare pentru defectoscopie cabluri
* dispozitive pentru dispersia apei în turnurile de răcire
* modem radio cu protocol AX 25



Oferim servicii

- proiectarea şi realizarea de circuite imprimate după schema beneficiarului
- asistenţă tehnică, reabilitări şi PIF la obiective energetice
- executarea de teme propuse de partenerii noştri
- consultanţă privind sistemele de excitaţie
- proiecte şi tehnologii de mentenanţă
- reparaţii şi service pentru aparate de măsură şi control fabricate în ţară şi străinătate

E 2039 FF
8 000000 483775

5-6 ENERGETICA

Romania RENEL

MAI-IUNIE 1997

ENERGETICIENI PROTEJAȚI NATURA !

Noi ne străduim să ne atingem ţelurile rapid şi sigur

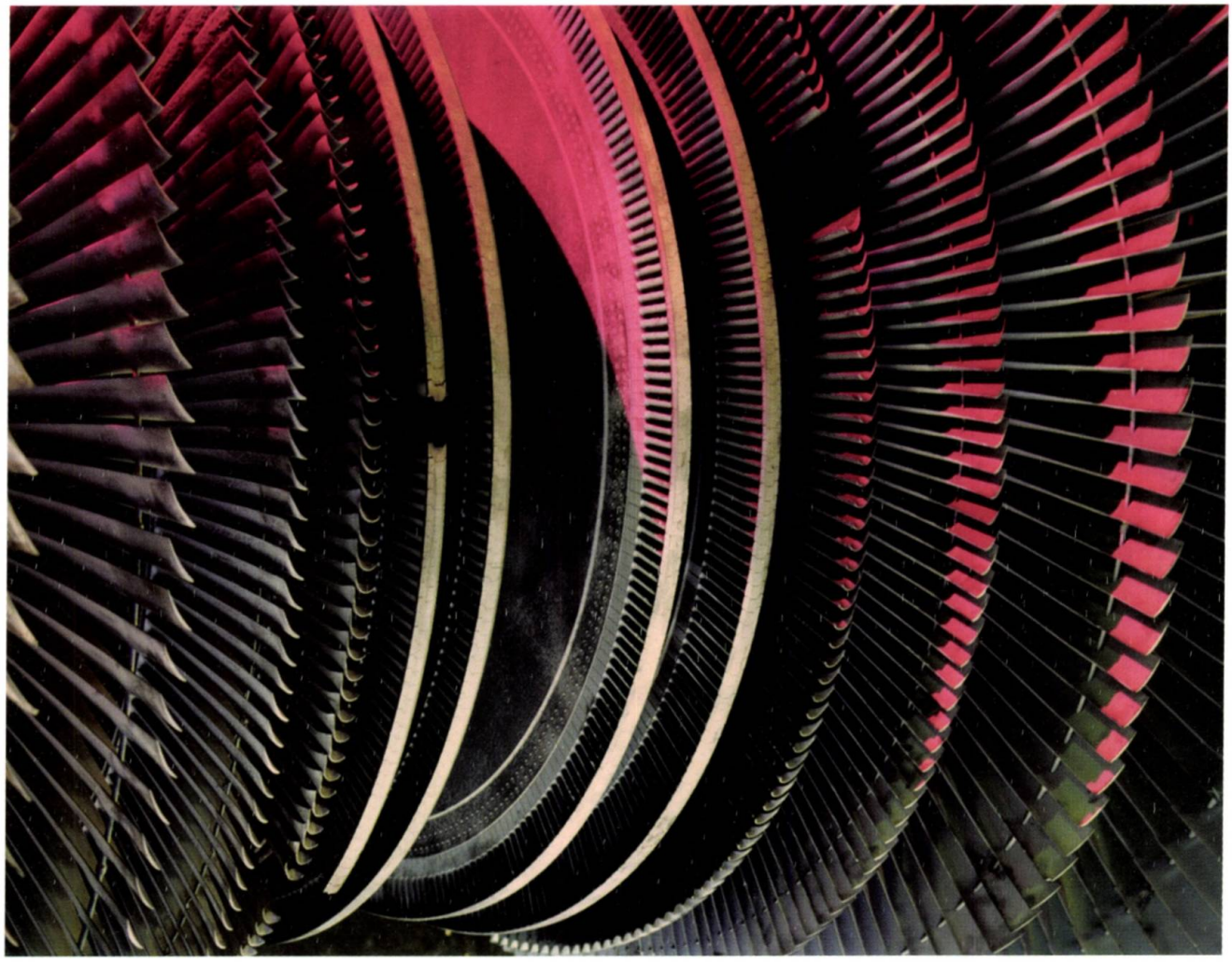


ABB Energoreparaţii România
Bd. Energeticienilor 13-15
sector 3, Bucureşti

ABB

INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR

ENERGETICA e®

REVISTA DE SPECIALITATE
A ENERGETICIENILOR
DIN ROMÂNIA

ISSN: 1220 - 5133

ANUL 45 | Nr. 5 - 6 | MAI - IUNIE 1997

Include şi Buletin Informativ ENERGETICA

EDITOR: Regia Autonomă de Electricitate - **RENEL**
Grupul de Studii, Cercetare şi Inginerie - **GSCI**
Centrul de Informare şi Documentare Energetică - **CIDE**
B-dul Energeticienilor nr.8, sector 3, Bucureşti, cod 79.619
tel: 323.95.52
323.6730/235
fax: 323.95.52
e-mail: cide@cci. vsat. ro
telex: 10783 gsci r

COLEGIUL DE REDACŢIE
BIROUL: ing. Vasile RUGINĂ - redactor-şef; dr. ing. Jean CONSTANTINESCU - redactor-şef adjunct; prof. dr. ing. Dumitru Cezar IONESCU - redactor-şef adjunct; dr. ing. Eugeniu PAVEL; ing. Radu OPINCARU; ing. Ion CONECINI; ing. Vladimir CONSTANTINESCU; conf. dr. ing. Virgil MUŞATESCU ; ing. Dan GHEORGHIU; ing. Nicolae NICULESCU; dr. ing. Ioan GANEA; ing. Mihai NICOLAU
MEMBRI: prof. dr. ing. Florin ALEXE; ing. Ovidiu APOSTOL; prof. dr. ing. Victor ATHANASOVICI; prof. dr. ing. Adrian BADEA ; prof. dr. ing. Corneł BIANCHI; ing. Paul CARTIANU; ing. Mircea CÂRDU; ing. Radu CONSTANTIN; prof. dr. ing. Dorin CRISTESCU; prof. dr. ing. Nicolae DĂNILĂ; dr. ing. Laurenţiu GOIA; prof dr. ing. Nicolae GOLOVANOV ; prof. dr. ing. Dumitru IVAS; prof. dr. ing Aureliu LECA; dr. ing. Gheorghe LUCA; dr. ing. Magdalena MATEI; ing. Corneł MOŢIU; prof. dr. ing. Constantin NEAGA; prof. dr. ing. Mircea NEMEŞ; prof. dr. ing. Valeriu NISTREANU; ing. Corneł PĂSLARU; prof. dr. ing. Alexandru POEATĂ; dr. ing. Marius POMÂRLEANU; prof. dr. ing. Florin POP; dr. ing. Teodor POPA; dr. ing. Anca POPESCU; ing. Miron POPESCU; conf. dr. ing. Petre POSTOLACHE; dr. ing. Dan Ion PREDOIU; ing. Radu REGMAN; ing. Gabriel ROMAŞCU; ing. Anton ROŞU ; ing. Margarios SALGIAN; ing. Alexandru SĂNDULESCU; ing. Emilian SIMIAN; ing. Cristian TOTOLO; ing. Anton VLĂDESCU.
REDACTOR: Ana Maria CHIVU (tel. 321 69 66/149)

INFORMAŢII, ABONAMENTE, PUBLICITATE
Maria Tomescu (tel. 323 67 30/143)
Silvia Romanescu (tel: 323 67 30/143)
DIFUZARE: *Adela Popescu* (tel: 323 67 30/188)
Abonamentele se pot face prin dispoziţie de plată sau mandat poştal trimis pe adresa editorului. Se pot face abonamente şi cu plata direct la sediul editorului. Cititorii din străinătate se pot abona prin achitarea c/v abonamentului (120 $) în contul editorului .
CONT BANCAR: 30.11.8.01.01. BCR Filiala sector 3, Bucureşti (lei)
472171611010 (valută)
TIPAR:CIDE - Serviciul Tipografie.

©Toate drepturile asupra acestei publicaţii sunt rezervate editorului. Orice reproducere, integraiă sau parţială, prin indiferent ce mijloace, a materialelor apărute în paginile publicaţiei se poate face numai cu aprobarea editorului. Sunt autorizate numai citările incluse în lucrări ştiinţifice sau în alte volume, cu precizarea sursei. Opiniile exprimate în articolele publicate în revistă aparţin autorilor şi nu reflectă în mod obligatoriu punctul de vedere al editorului. Orice persoană juridică sau fizică a cărei acţiune este în concordanţă sau în contradicţie cu opiniile exprimate în materialele publicate îşi asumă riscurile urmărilor, editorul şi autorii neavând nici o răspundere.

CUPRINS

AURELIU LECA: Reforma sectorului energiei electrice în România 195

Număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente"

MIRCEA EREMIA: Masă rotundă "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente" 203
MIRCEA EREMIA, CĂTĂLIN DUMITRIU, CONSTANTIN BULAC, ION TRIŞTIU: Dispozitive FACTS. Concepte şi aplicaţii în sistemele electroenergetice 204
NARAIN G. HINGORANI: Revoluţia în domeniul electronicii de putere cu accent pe noile aplicaţii ale dispozitivelor FACTS şi Custom Power (*articol în limba engleză*) 215
RAFAEL MIHALIČ: Un aspect al comparaţiei eficacităţii compensării var paralel şi serie, asupra îmbunătăţirii stabilităţii tranzitorii (*articol bilingv*) 222
CĂLIN MIHĂILEANU: Liberalizarea, dereglementarea, dezintegrarea instituţională nu afectează fiabilitatea sistemelor electrice ? Rolul FACTS 230
RAFAEL MIHALIČ: Controlul circulaţiei de puteri în sisteme electrice buclate folosind dispozitive FACTS (*articol bilingv*) 232
CONSTANTIN BULAC, MIRCEA EREMIA, CĂTĂLIN DUMITRIU, ION TRIŞTIU: Influenţa compensatorului static - SVC asupra stabilităţii de tensiune a sistemelor interconectate în asincron printr-o legătură CCIT 241
CORNEL ALDEA, CRISTINA POPESCU: Modelarea compensatoarelor statice pentru simularea performanţelor dinamice 247
RAFAEL MIHALIČ: Controlul unificat al circulaţiilor de putere cu ajutorul UPFC (*articol bilingv*) 253
PH. DELARUE, C. BOGUŞ, R. BAUSIERE, E. MILENT, M. CRAPPE, M. RENGLET, J. TRECAT: Modelarea şi controlul unui sistem UPFC (*articol bilingv*) 263
DAN FODOR, DAN FLORICĂU, FLORIN IONESCU, CRISTIAN BOGUŞ : Filtru activ paralel utilizat la compensarea curentului de linie în cazul redresoarelor 275
RAFAEL MIHALIČ : Compensatorul static sincron serie şi sistemul electroenergetic (*articol bilingv*) 280
ADRIAN BUTA, ADRIAN PANĂ: Criterii pentru compensarea puterii reactive în reţelele cu sarcini dezechilibrate 289

TERMINOLOGIE
SORIN HURDUBEŢIU, MIRCEA EREMIA, NICOLAE GOLOVANOV: Scurt dicţionar de termeni şi abrevieri uzuale privind dispozitivele FACTS 274, 279, 294

RECENZIE
NICOLAE GOLOVANOV: Mircea Eremia "Noi tehnici în transportul energiei electrice. Aplicaţii ale electronicii de putere." 295

CONTENTS

AURELIU LECA: The reform of the romanian electrity sector 195

MIRCEA EREMIA: ROUND TABLE: FACTS devices for more efficient power networks 203

MIRCEA EREMIA, CĂTĂLIN DUMITRIU, CONSTANTIN BULAC, ION TRIŞTIU: The FACTS devices. Concepts and applications in the power systems 204

NARAIN G. HINGORANI: The Power Electronics Revolution with some ocus on new utility application in FACTS and Custom Power 215

RAFAEL MIHALIČ : An aspect of the comparison of the parallel and series compensation effectiveness on transient stability enhancement 222

CĂLIN MIHĂILEANU : How are liberalization, deregulation and the insitutional disintegration affecting the power systems reliability ? The role of the FACTS devices 230

RAFAEL MIHALIČ : Power flow control in meshed system appling facts devices 232

CONSTANTIN BULAC, MIRCEA EREMIA, CĂTĂLIN DUMITRIU, ION TRIŞTIU : The static voltage compensator influence on voltage stability of the asynchronous interconnected power systems through a DCHV conncetion 241

CORNEL ALDEA, CRISTINA POPESCU : Static compensators modelling for the simulation of their dynamic performances 247

RAFAEL MIHALIČ - Unified Power Flow Controller as mean for power flow control 253

PH. DELARUE, C. BOGUŞ, R. BAUSIERE, E. MILENT, M. CRAPPE, M. RENGLET, J. TRECAT: Modelling and control technique of Unified Power Flow Controller (UPFC) 263

DAN FODOR, DAN FLORICĂU, FLORIN IONESCU, CRISTIAN BOGUŞ: Operational parallel filler used to compensate the lign current through the rectifiers 275

RAFAEL MIHALIČ: Static Synchronous Series Compensator from the system point of view 280

ADRIAN BUTA, ADRIAN PANĂ : The reactive power compensation criteria for the unbalanced loads networks 289

TERMINOLOGY

SORIN HURDUBEŢIU, MIRCEA EREMIA, NICOLAE GOLOVANOV - Short dictionary of expressions and current abbreviations concerning the FACTS devices 274, 279, 294

COMPTE-RENDU

NICOLAE GOLOVANOV: Mircea Eremia "New techiniques in the electric power transmission. Applications of the power electronics. 295

SOMMAIRE

AURELIU LECA: La réforme du secteur roumain d'électricité 195

MIRCEA EREMIA: Table Ronde: Les dispositifs FACTS pour des réseaux électriques plus efficaces 203

MIRCEA EREMIA, CĂTĂLIN DUMITRIU, CONSTANTIN BULAC, ION TRIŞTIU: Les dispositifs FACTS. Concepts et leurs applications dans les systèmes électroénergétiques 204

NARAIN G. HINGORANI: Révolution dans le domaine de l'électrique de puissance mettant l'accent sur quelques nouvelles applications des dispositifs du type FACTS et Custom Power 215

RAFAEL MIHALIČ : Sur la comparaison entre l'efficacité de la compensation en parallèle et en série et sur l'importance de ce procédé sur l'amélioration de la stabilité transitoire 222

CĂLIN MIHĂILEANU: Quelles sont les conséquences de la libéralisation, de la dérégulation et de la désintégration institutionnelle sur la fiabilité des systèmes électriques ? Le rôle des dispositifs FACTS 230

RAFAEL MIHALIČ : Le contrôle de la circulation des puissances dans les systèmes électriques maillés à l'aide de dispositifs FACTS. 232

CONSTANTIN BULAC, MIRCEA EREMIA, CĂTĂLIN DUMITRIU, ION TRIŞTIU : L'influence du compensateur statique-SVC sur la stabilité de la tension des systèmes raccordés en asynchrone par une connexion en CCHT (courant continu haute tension) 241

CORNEL ALDEA, CRISTINA POPESCU : L'utilisation de la modélisation des compensateurs statiques afin de simuler leurs performances dynamiques 247

RAFAEL MIHALIČ: Le contrôle unifié des circulations de puissances - une modalité de contrôler la circulation de puissance 253

PH. DELARUE, C. BOGUŞ, R. BAUSIERE, E. MILENT, M. CRAPPE, M. RENGLET, J. TRECAT: La modélisation et la technique de contrôle du controller unifié des circulations de puissances 263

DAN FODOR, DAN FLORICĂU, FLORIN IONESCU, CRISTIAN BOGUŞ: Le filtre actif papallèle utilisé aux redresseurs pour la compensation du courant de ligne. 275

RAFAEL MIHALIČ : La compensateur statique série et le système électroénergétique 280

ADRIAN BUTA, ADRIAN PANĂ : Critères pour la compensation de la puissance réactive dans les réseaux à charges déséquillibrées 289

TERMINOLOGIE

SORIN HURDUBEŢIU, MIRCEA EREMIA, NICOLAE GOLOVANOV: Bref dictionnaire d'expressions et d'abréviations concernant les dispositifs FACTS 274, 279, 294

COMPTE-RENDU

NICOLAE GOLOVANOV: Mircea Eremia "Nouvelles techniques dans le transport de l'énergie électrique. Des applications de l'électronique de puissance" 295

REFORMA SECTORULUI ENERGIEI ELECTRICE ÎN ROMÂNIA

prof. dr. ing. AURELIU LECA*
Preşedintele Consiliului de Administraţie al RENEL

Pe plan mondial se asistă la o reformă a sectorului electricităţii, care vizează liberalizarea pieţei energiei. Astfel, la nivelul Uniunii Europene a fost aprobată pe 20 iunie 1996 o Directivă ce deschide piaţa vest europeană de energie electrică.

În România această reformă se suprapune cu reforma generală a economiei. Sectorul energiei electrice nu îndeplineşte în acest moment cerinţele acestei Directive a Uniunii Europene.

Succesul reformei sectorului energetic este condiţionat de suportul politic şi de realizarea cadrului legislativ.

Restructurarea RENEL poate avea loc prin adoptarea modelului cumpărătorului unic (opţiunea 2 îmbunătăţită din Studiul Bechtel).

Reforma RENEL trebuie să se desfăşoare în patru faze, privatizarea efectivă urmând a fi avută în vedere în ultima etapă.

At present we are witnessing a new reform in the electricity sector world-wide aimed at the energy market liberalization.

Thus in june, 20, 1996 an EU Directive was passed in order to ensure the opening of the West-European electricity market.

In Romania this reform is developing simultaneously with the general economic reform.

For the time being the Romanian electricity sector does not meet the requirements specified in the EU Directive.

The electricity sector reform can be successful only if the appropriate political support and the legislative fromework are provided.

The RENEL restructuring can be achieved based on the single buyer example (the improved Option 2 of the Bechtel Study).

The RENEL reform is a four stage process and the actual privatization is to be accomplished in the last stage.

Descriptori: management, sisteme energetice, restructurare

1. Obiectivul reformei

Scopul reformei sectorului energiei electrice, sector care face parte din infrastructura de bază naţională, îl constituie îmbunătăţirea performanţelor alimentării cu energie electrică în condiţii de:

➢ eficienţă economică şi securitate a alimentării cu energie;

➢ siguranţă naţională şi costuri sociale minime;

➢ protecţie a mediului ambiant.

Criteriul general de evaluare şi alegere a măsurilor de reformă este acela al *dezvoltării durabile,* recomandat de către ONU în dezvoltarea economică şi socială pe termen lung a ţărilor lumii şi care reprezintă armonizarea a trei factori de bază:

- resursele naturale şi umane;
- creşterea economică;
- echitatea între generaţii.

Cele de mai sus definesc, în acelaşi timp, obiectivul principal pe termen mediu al reformei sectorului energetic, în vederea perspectivei integrării României în Uniunea Europeană (UE).

2. Directiva Uniunii Europene privind deschiderea pieţei energiei electrice

După opt ani de dispute, la 20 iunie 1996, la Luxemburg, miniştrii energiei din ţările Uniunii Europene au adoptat în unanimitate o Directivă ce deschide piaţa vest-europeană a energiei electrice. În esenţă, Directiva conţine următoarele prevederi:

- gradul iniţial de deschidere a pieţelor naţionale va fi de 22 % (calculat pe baza ponderii în totalul UE a consumatorilor finali cu un consum anual mai mare de 40 GWh);
- piaţa se va deschide progresiv într-o perioadă de şase ani: la o pondere de 27 %, după trei ani de la implementarea Directivei (prin reducerea pragului de eligibilitate al consumatorilor de la 40 la 20 GWh/an), şi la o

pondere de 32-33%, după şase ani (prin reducerea pragului de la 20 la 9 GWh/an);

• calendarul de implementare a Directivei conţine drept principale repere:

✓ 1 ianuarie 1997 - dată recomandată de intrare în vigoare (dar neobligatorie legal) pentru pragul de 40 GWh/an;

✓ 1 ianuarie 1999 - sfârşitul perioadei de introducere a Directivei în legile naţionale (nivelul de 40 GWh devine obligatoriu);

✓ 1 ianuarie 2000 - pragul de 20 GWh pentru eligibilitatea consumatorilor intră în vigoare;

✓ 1 ianuarie 2003 - pragul coboară la 9 GWh;

✓ 1 ianuarie 2006 - revizuirea Directivei.

Adoptarea acestei Directive reprezintă un pas esenţial în crearea **pieţei unice a energiei** şi a determinat demararea imediată a negocierilor pentru adoptarea unei Directive similare în domeniul gazelor naturale, care stagnaseră în expectativa evoluţiilor din domeniul energiei electrice.

Nivelurile de eligibilitate stabilite pentru consumatori (40 GWh, 20 şi respectiv 9 GWh) conduc la ponderile de piaţă menţionate pe ansamblul Uniunii Europene, dar la ponderi de deschidere a pieţei diferite de la ţară la ţară, în funcţie de ponderea consumatorilor mari.

Ţinând seama de dorinţa României de a intra în Uniunea Europeană, se impune ca procesul de restructurare a sectorului energetic din ţara noastră să ia în consideraţie aceste recente evoluţii, asigurând un compromis în perspectiva următorilor ani între opţiunea single buyer şi opţiunea negociated third party access, prezentate la pct.4. Trebuie introdusă eligibilitatea marilor consumatori, dar cu considerarea faptului că aceştia au în ţara noastră o pondere foarte mare. Adoptarea pragurilor de eligibilitate din Uniunea Europeană ar conduce la ponderi mult mai mari de deschidere a pieţei energiei din România comparativ cu media pentru UE.

Cerinţele minime ale legislaţiei/Directivei UE sunt următoarele:

➢ Stabilirea unui proces clar, obiectiv şi nediscriminatoriu de autorizare a producătorilor independenţi de energie (IPP).

➢ Criterii clare, publice şi proceduri de apel (recurs) pentru cazurile în care autoritatea este refuzată.

➢ Aranjamente (acorduri) care să permită consumatorilor eligibili să cumpere direct de la producătorii independenţi.

➢ Toţi consumatorii de peste 100 GWh (respectiv, marii consumatori industriali) trebuie incluşi în cadrul definiţiei consumatorilor eligibili.

➢ Trebuie stabilit un operator al sistemului de transport, având independenţă managerială faţă de producere şi distribuţie.

➢ Utilizarea unor preţuri publicate pentru reţelele de transport şi distribuţie ca bază pentru acces sau ca indicaţie a condiţiilor posibile (în cazul accesului negociat).

Existenţa monopolului, atât în producere, cât şi în distribuţie (furnizare) nu îndeplineşte condiţiile Directivei UE. Ca urmare, trebuie luate măsuri de asigurare privind companiile independente de producere şi consumatori, astfel încât să se poată obţine furnizarea şi din altă parte decât compania integrată (producere-transport-distribuţie). O companie de electricitate poate, totuşi, să îşi păstreze caracteristicile de integrare verticală şi să îndeplinească condiţiile Directivei, dacă se realizează un grad minim de dezagregare, cu separarea conturilor contabile între funcţiile de producere, transport, distribuţie şi furnizare.

Directiva stabileşte proporţia minimă a pieţei fiecărui stat membru care trebuie să deschidă competiţia. Pieţele trebuie deschise progresiv de-a lungul a patru ani. Începând cu 1 ianuarie 1999, prevederile Directivei privind competiţia trebuie să se aplice la 22 % din pieţele de electricitate ale statelor membre. Prevederile pieţei se aplică aşa-numiţilor consumatori eligibili, a căror definiţie precisă este lăsată la latitudinea statelor membre, dar cu două restricţii:

* includerea obligatorie a tuturor consumatorilor care utilizează peste 100 GWh;

* companiilor de distribuţie trebuie să li se permită să contracteze energia electrică necesară a fi furnizată oricăror consumatori eligibili din zona de distribuţie.

Directiva identifică două alternative ale accesului la sistem:

- accesul negociat al pieţei terţe (negociated third party acces);

- cumpărător unic (singel buyer),

încercând să asigure coexistenţa sistemelor aflate până acum în conflict şi incluzând clauza de salvgardare.

Ambele mijloace de acces trebuie să fie obiective, transparente şi nediscriminatorii. În cadrul accesului negociat trebuie luate măsuri care să permită accesul la sistem pe baza tarifelor publicate sau ca rezultat al negocierii. În cazul procedurii cumpărătorului unic, trebuie publicat un interval indicativ de preţuri, care să reflecte, pe cât posibil, preţul mediu convenit în negocieri în ultimele 12 luni.

Este clar că sectorul energiei electrice existent în România nu îndeplineşte cerinţele Directivei UE într-un număr de domenii, dintre care cele mai importante sunt:

- lipsa unor proceduri obiective, transparente şi nediscriminatorii;
- lipsa competiţiei în producerea energiei;
- lipsa competiţiei în furnizarea energiei;
- lipsa de independenţă, managerială sau de alt gen, a operatorului sistemului de transport al energiei.

3. Acţiuni politice şi guvernamentale care condiţionează succesul reformei sectorului energetic

Guvernul, având susţinerea partidelor politice de guvernământ, trebuie să dea o ***declaraţie oficială*** privind sectorul energetic şi industria energiei electrice din România. Această Declaraţie reprezintă suportul politic oficial în acţiunile de restructurare a sectorului energetic, permiţând obţinerea unei sinergii a măsurilor reformei şi o creştere a şanselor de succes.

Declaraţia trebuie să transmită semnale clare către diferite categorii de participanţi la reformă şi grupuri de interes:

- comunitatea internă şi internaţională va fi atenţionată că România este preocupată în mod serios de restructurare, ca urmare se va crea un mediu atractiv pentru investiţii;
- managerii din sectorul energetic vor primi un mandat politic privind restructurarea regiilor autonome şi a societăţilor comerciale cu capital de stat cu specific energetic;
- sindicatele din sectorul energetic vor fi atenţionate asupra unor decizii politice de importanţă deosebită privind singura alternativă viabilă pe termen mediu şi lung de restructurare a acestui sector strategic.

Elaborarea ***strategiei energetice*** a României reprezintă pentru guvern o prioritate absolută şi de maximă urgenţă. Ea trebuie realizată într-o perioadă imediat următoare, de circa două luni, prin nominalizarea unui colectiv ad-hoc, de tipul "task force", alcătuit din 25-30 de specialişti recunoscuţi şi bine motivaţi. Existenţa acestei strategii energetice reprezintă o condiţie prealabilă obligatorie de declanşare a reformei sectorului energetic.

Declaraţia oficială a guvernului privind sectorul energetic trebuie să cuprindă următoarele elemente:

- să recunoască importanţa sectorului energetic ca sector strategic, parte a infrastructurii naţionale;
- să angajeze elaborarea de urgenţă a legislaţiei energetice şi a principiilor de bază ale acesteia;
- să înfiinţeze un cadru instituţional adecvat sectorului energetic, cel puţin un Departament al Energiei şi Resurselor, condus de un membru al Guvernului;
- să prezinte scopurile activităţii sectorului energetic: asigurarea cu energie în condiţii de calitate, siguranţă, preţuri accesibile, protecţie a mediului ambiant;
- să afirme principiile de organizare şi funcţionare a sectorului energetic: descentralizare, demonopolizare, competiţie, prezenţa capitalului privat, eliminarea subvenţiilor, preţuri reale care să acopere costurile, management eficient, autonomie administrativă şi financiară, protecţia consumatorilor;
- să afirme dezvoltarea durabilă drept criteriu general de evoluţie a sectorului energetic.

În politica de retragere a subvenţiilor şi de aliniere a preţurilor combustibililor la nivelurile internaţionale, este necesară stabilirea de către guvern şi comunicarea publică a evoluţiei previzibile a preţurilor combustibililor şi energiei pentru următorii 3-4 ani, în vederea determinării rentabilităţii proiectelor de investiţii energetice.

4. Restructurarea RENEL prin adoptarea modelului cumpărătorului unic (opţiunea 2 îmbunătăţită din Studiul Bechtel)

În anul 1995 a fost iniţiat un studiu privind opţiunile pe termen lung în dezvoltarea sectorului

energetic, finanţat de USAID, elaborat de Bechtel şi agreat de Banca Mondială.

În prima fază (care s-a predat în 1996) consultantul străin trebuia să prezinte mai multe variante posibile privind restructurarea sectorului energiei electrice. Aceste variante trebuiau identificate pe baza examinării situaţiei existente şi a tendinţelor care se înregistrează pe plan internaţional. În urma examinării acestora guvernul trebuia să opteze pentru o anumită varintă.

În cea de-a doua fază a studiului, firma Bechtel trebuia să detalieze paşii ce trebuie făcuţi pentru realizarea practică a opţiunii guvernamentale.

Au fost elaborate următoarele patru variante posibile de restructurare a RENEL:

Opţiunea 1: Model integrat vertical. Acesta este modelul tradiţional de utilitate electrică, caracterizat prin integrarea într-o companie a funcţiilor de producere, transport şi distribuţie (inclusiv vânzările de energie electrică, denumite şi furnizare sau comercializare). Utilitatea integrată vertical are statutul de monopol.

♦ *Opţiunea 2: Modelul cumpărătorului unic.* Aceasta este o modificare a utilităţii integrate vertical cu introducerea competiţiei la nivelul producerii. În cadrul modelului cumpărătorului unic, producătorii independenţi de energie construiesc şi exploatează centrale electrice pe baza unor înţelegeri de cumpărare de energie, încheiate cu o Agenţie de Cumpărare a Energiei, care ar fi complet separată de utilitate şi care ar fi singurul cumpărător şi vânzător de energie.

♦ *Opţiunea 3: Modelul accesului liber la reţea.* În cadrul acestui model se realizează o dezagregare funcţională (nu în mod necesar o separare legală) a utilităţii integrate vertical în producere, transport şi distribuţie şi deschiderea reţelei de transport, permiţând în felul acesta anumitor consumatori să încheie contracte cu orice furnizor. Compania de distribuţie ar continua să funcţioneze ca monopol, cu obligaţia de a furniza energie consumatorilor captivi.

♦ *Opţiunea 4: Model competitiv.* Acest model dezagregă utilitatea în companii separate, de producere, transport şi distribuţie. Competiţia există, atât în producerea, cât şi în cumpărarea de electricitate.

Se consideră că pentru noi prezintă un interes deosebit opţiunea 2, care într-o formă îmbunătăţită poate sta la baza restructurării RENEL.

Opţiunea 2, modelul cumpărătorului unic, a fost concepută în două scopuri:

◊ pentru a asigura creşterea competiţiei în comparaţie cu opţiunea 1 (model integrat vertical),

◊ pentru a cuprinde trăsăturile structurii sectorului energetic mai potrivite pentru alinierea la directivele Uniunii Europene.

Deşi opţiunea 2 menţine structura integrată vertical a generării, transportului şi distribuţiei/furnizării, există diferenţe semnificative faţă de modelul integrării verticale, prezentat în opţiunea 1. Spre deosebire de opţiunea 1, toată energia produsă va fi procurată pe bază competitivă. Ca o consecinţă, energia achiziţionată pe bază competitivă va domina piaţa.

Caracteristicile principale ale opţiunii 2 sunt:

• Se creează o entitate nouă - Agenţia de Cumpărare a Energiei - cu responsabilităţi pentru cumpărarea întregii energii de la producători şi pentru vânzarea en-gros a energiei în România. Agenţia se va afla în proprietatea guvernului şi va fi o organizaţie non-profit.

• Se vor autoriza şi se vor încuraja producătorii independenţi de energie, pentru a oferi energie care să fie achiziţionată de Agenţia de Procurare a Energiei.

• Consumatorii industriali mari (peste 100 GWh/an) vor putea cumpăra direct de la Agenţia de Cumpărare a Energiei, în concordanţă cu directivele UE.

• Departamentul de distribuţie al RENEL va trebui să achiziţioneze energie de la Agenţie şi va trebui să alimenteze cu energie pe toţi ceilalţi consumatori (captivi).

• Nu va exista accesul terţilor.

• RENEL va fi organizat ca o companie holding, cu departamente separate pentru producere, transport/dispecer şi distribuţie.

• Va exista o metodologie explicită şi o contabilizare separată pentru stabilirea preţurilor de tranzit între departamente.

• Eventual, RENEL va fi o corporaţie pe acţiuni, în care fiecare departament va fi o subdiviziune.

Creşterea competiţiei se introduce la nivelul generării de energie electrică prin obligaţia Agenţiei de Procurare a Energiei de a achiziţiona

energia printr-un proces competitiv, prin licitaţii. Aşa cum s-a arătat în opţiunea 1 şi ştiind că 70 % din costurile RENEL sunt asociate cu departamentul de generare, subsistemul de generare constituie principalul scop al competiţiei. Competiţia va fi crescută gradat, în timp. Fiecare centrală din sistem va avea contract separat cu Agenţia de Cumpărare a Energiei; contractele vor lua în considerare costurile estimate pentru centrale. La sfârşitul contractului, capacitatea va face subiectul unei oferte competitive, alături de RENEL şi de alţi noi participanţi.

Faţă de propunerea iniţială s-a adus o modificare importantă privind introducerea funcţiilor de transport şi dispecer în interiorul entităţii cumpărătorului unic (Agenţia de Cumpărare a Energiei), ceea ce asigură o transparenţă mai mare şi o comportare nediscriminatorie, ameliorând cadrul competiţional. Această structură satisface mai bine cerinţele Directivei UE pentru piaţa de electricitate şi asigură baze superioare pentru o eventuală privatizare.

5. Trei observaţii privind reforma sectorului energiei electrice

1. Privatizarea rapidă şi pe scară largă a sectorului energetic din România se consideră a fi inoportună şi riscantă. După 45 de ani de economie planificată centralizată, România nu dispune nici de resursele umane, nici de mijloacele necesare creării în termen scurt a unei pieţe concurenţiale a energiei şi combustibililor. Ca urmare, procesul de privatizare trebuie să se desfăşoare în etape succesive, cu o viteză adecvată. Acest lucru este susţinut şi de concluziile studiului Bechtel.

2. Apariţia producătorilor independenţi de energie (IPP) în România va putea crea următoarea situaţie discriminatorie între aceştia şi RENEL, în defavoarea celui din urmă. Astfel:

- RENEL este astăzi şi probabil va fi obligat să preia toată producţia internă de lignit şi huilă, cu toate elementele de economicitate scăzută ale acestor combustibili, lucru ce se va reflecta în costuri ridicate ale energiei produse de RENEL;
- Oricare IPP, având alte grade de libertate în alegerea combustibililor, nu va fi afectat de condiţiile de mai sus şi va avea toate şansele producerii energiei cu costuri sensibil mai scăzute decât RENEL.

3. Transformarea RENEL într-o companie publică pe acţiuni şi privatizarea acestuia prin vânzare de acţiuni pot ajunge în situaţia relativ dificilă din Ungaria. În această ţară, compania de electricitate MVM a fost dezagregată, iar firme străine (EdF, RWE etc.) au devenit deţinători strategici ai unor pachete de acţiuni. Deoarece guvernul, din diverse motive, nu a putut respecta creşterea anunţată a preţului energiei, firmele străine înregistrează pierderi apreciabile neanticipate, reducând astfel în mod considerabil avantajele potenţiale ale procesului de privatizare.

6. Etapele procesului de restructurare a RENEL

Chiar dacă scopul ideal al restructurării industriei energiei electrice ar putea fi modelul competitiv (opţiunea 4), este clar că România şi RENEL nu oferă elementele esenţiale pentru susţinerea acestei opţiuni în următorii 10 ani.

În acelaşi timp, alegerea opţiunii 1 este relativ comodă, dar contribuie cu puţin la atingerea obiectivelor guvernului pentru acest sector. Ca urmare, alegerea relevantă pe termen lung este între opţiunile 2 şi 3. Implementarea cu succes a oricăreia dintre aceste opţiuni ar pune bazele unui model competitiv dezintegrat în următorii ani.

Obţinerea unei schimbări semnificative a sectorului va necesita o tranziţie faţă de structura prezentă. Se recomandă ca guvernul să procedeze la o abordare în faze. Este dificil de prevăzut acum durata exactă a fiecărei faze. Totuşi, odată luată decizia asupra unei anumite opţiuni, se recomandă înfiinţarea unui grup de acţiune de nivel ridicat, care să monitorizeze procesul şi să asigure îndeplinirea tuturor obietivelor.

Pentru transformarea sectorului energiei electrice într-o structură mai competitivă sunt necesare patru faze.

Faza 1: Pregătirea

În această fază, care poate dura doi ani, sectorul energiei electrice ar funcţiona în structura prezentă, dar cu introducerea unor măsuri pregătitoare extrem de importante. Principalele activităţi ar fi următoarele:

- Guvernul trebuie să evalueze politicile energetice şi să decidă asupra modificărilor de politică necesare pentru susţinerea opţiunii de restructurare (se recomandă adoptarea opţiunii 2 - Studiul Bechtel).

• Guvernul va acţiona pentru crearea noii legislaţii a sectorului energiei electrice.

• Guvernul va stabili direcţiile principale ale strategiei energetice a României pe termen mediu (7-8 ani) şi lung (15 ani).

• Guvernul va stabili obiectivele sale privind evaluarea inventarului existent şi, împreună cu RENEL şi instituţii specializate, va începe evaluarea fondurilor fixe de producere ale RENEL.

• RENEL va continua cu reabilitările din prezent.

• RENEL va realiza următoarele acţiuni:

– auditarea, economică şi financiară, în vederea determinării costurilor reale;

– înfiinţarea de centre de cost şi profit la nivelul filialelor, cu bugete proprii de venituri şi cheltuieli; conducerea filialelor pe bază de contracte de performanţă;

– introducerea competiţiei interne între filiale şi a principiului clientului intern;

– repartizarea responsabilităţilor pe principiul subsidiarităţii (coborârea responsabilităţilor adecvate la niveluri inferioare);

– creşterea în mod real a autonomiei administrative şi financiare a filialelor;

– reducerea şi/sau închiderea capacităţilor neeconomice şi externalizarea tuturor activităţilor suport şi nespecifice;

– păstrarea funcţiilor strategice (politica de preţ şi de combustibil, politica de dezvoltare - noi investiţii şi reparaţii planificate etc.), la nivel central RENEL şi coborârea la nivelul filialelor a funcţiilor operaţionale (exploatare, întreţinere, salarizare, personal, contracte combustibili şi energie, reparaţii curente, aprovizionare, relaţii administraţie - sindicate etc.);

– ridicarea capacităţii manageriale a personalului de conducere, coborând sensibil media de vârstă a acestuia către 45-47 de ani şi reconsiderarea importanţei complexe acordate factorului uman;

– adoptarea planificării integrate a resurselor (IRP) ca metodă modernă de planificare, prin care se evaluează şi se adoptă, în mod egal, atât opţiunile de furnizare, cât şi cele de consum;

– introducerea managementului utilizării energiei (DSM), prin care furnizorul investeşte la consumator în proiecte de eficienţă energetică;

– încurajarea formării de companii de servicii energetice (ESCO) în vederea stimulării creşterii eficienţei energetice la consumatori;

– pregătirea şi trecerea în timp a centralelor de termoficare urbană în responsabilitatea municipalităţilor;

– perfecţionarea cadrului legal de funcţionare a Consiliului de Administraţie şi separarea funcţiilor de preşedinte şi director general.

• Se va crea Regia Autonomă de Electricitate Nucleară, prin desprinderea din RENEL şi prin organizarea Grupului de Energetică Nucleară, conţinând centrala nuclearoelectrică de la Cernavodă şi activităţile suport (combustibil nuclear, apă grea, proiectare, cercetare).

Faza I va stabili o bază solidă pentru fundamentarea reformei sectorului. În acelaşi timp, ea va prezenta cele mai mari provocări pentru guvern, deoarece va necesita angajamente politice de schimbare. Îndeplinirea cu succes a fazei I va da semnale clare, atât comunităţii interne, cât şi străine, că România este preocupată în mod serios de restructurare, de crearea unui mediu competitiv, deci credibil şi atractiv pentru noile investiţii.

Faza a II-a: Crearea noului sector al energiei electrice

În această fază, care poate dura până la doi ani, vor fi întreprinse acţiuni pentru traducerea în viaţă a elementelor fundamentale specifice opţiunii alese. Aceste acţiuni vor include următoarele:

• Guvernul va stabili şi va asigura cu personal Organismul de Reglementare; la rândul său, personalul va asigura implementarea reglementărilor.

• Personalul de reglementare va începe activitatea asupra contractelor economice de lungă durată şi a tarifelor generale.

• Guvernul va restructura RENEL într-o companie holding cu unităţi de afaceri separate, cu posibilitatea unei evoluţii ulterioare într-o companie pe acţiuni.

• Vor fi acordate licenţe şi concesionări pentru tot domeniul de producere.

• Se vor realiza tarife generale şi contracte generale de lungă durată.

RENEL va fi dezagregat şi reorganizat în trei componente, după activităţile specifice (producere, transport, distribuţie), astfel:

❑ Societatea Naţională de Electricitate (sau alternativ, Companie Publică de Electricitate) cuprinzând transportul energiei electrice, dispecerul (naţional şi teritorial) şi Agenţia de Cumpărare a Energiei. Societatea Naţională de Electricitate va avea statut de regie, va cuprinde

bunuri proprietate publică (reprezentând aşa-numitul monopol natural) şi va fi în acelaşi timp administratorul acestor bunuri proprietate publică.

❑ Societăţi Comerciale de Producere, formate din actualele filiale de centrale electrice ale RENEL. Un regim special îl va avea Regia Autonomă de Energetică Nucleară, ca entitate nou creată. Proprietarul Societăţilor Comerciale de Producere este statul, prin Fondul Proprietăţii de Stat (FPS). Până la apariţia acţiunii de aur, este recomandabil ca FPS să deţină 51 % din acţiuni, pe care le transferă în administrare Societăţii Naţionale de Electricitate (Companiei Publice de Electricitate). Diferenţa de 49 % din acţiuni poate fi scoasă de către FPS la vânzare (ofertă publică, licitaţii etc.), devenind proprietate privată.

❑ Societăţi Comerciale de Distribuţie, formate din actualele filiale de reţele electrice ale RENEL, organizate după aceleaşi principii ca şi Societăţile Comerciale de Producere.

❑ În acelaţi timp va fi înfiinţat un organism de reglementare, numit de guvern şi complet independent de distribuţie. Rolul Organismului de Reglementare este de a supraveghea şi controla activităţile economice ale întreprinderilor energetice publice private, în scopul creşterii eficienţei economice, corectitudinii, sănătăţii şi siguranţei.

În această fază, vor fi necesare un timp şi un efort considerabil pentru transpunerea în practică a proceselor şi procedurilor necesare. Organismul de Reglementare îşi va asuma responsabilitatea pentru supravegherea procesului transformării în corporaţie a RENEL, precum şi a procesului de contractare. RENEL va trece la stabilirea unităţilor de afaceri independente pentru producere, transport şi distribuţie.

Cele de mai sus ar putea da impresia că toate elementele se află într-o coordonare perfectă. În realitate, probabil nu acesta va fi cazul şi nu se doreşte minimalizarea importanţei acestei probleme. Crearea unităţilor noi de afaceri poate fi împiedicată de lipsa experienţei manageriale, de problemele de muncă sau implementarea generală defectuoasă. Toate activităţile menţionate mai sus vor depinde, la rândul lor, de apariţia în timp a instituţiilor necesare, precum Organismul de Reglementare, a mecanismelor de contractare necesare şi a unui proces adecvat de licitaţie. Dacă acestea nu există, afluenţa de capital în sector va fi stânjenită.

Faza a III-a: Funcţionarea şi evaluarea iniţială

În această fază, care poate dura până la doi ani, vor fi create structurile şi instituţiile prevăzute în faza a II-a şi evaluate rezultatele funcţionării, în scopul aprecierii performanţelor şi efectuării ajustărilor necesare. În particular vor trebui urmăriţi următorii factori:

- eficienţa noului regim politic asupra sectorului energiei electrice;
- performanţa Organismului de Reglementare în revederea contractelor şi a procesului de licitaţii;
- eficienţa mecanismelor de contractare;
- performanţa RENEL ca o companie holding şi transparenţa operaţiunilor sale;
- atragerea interesului investitorilor faţă de noi proiecte de capacităţi de producere;
- unde şi către cine sunt direcţionate beneficiile.

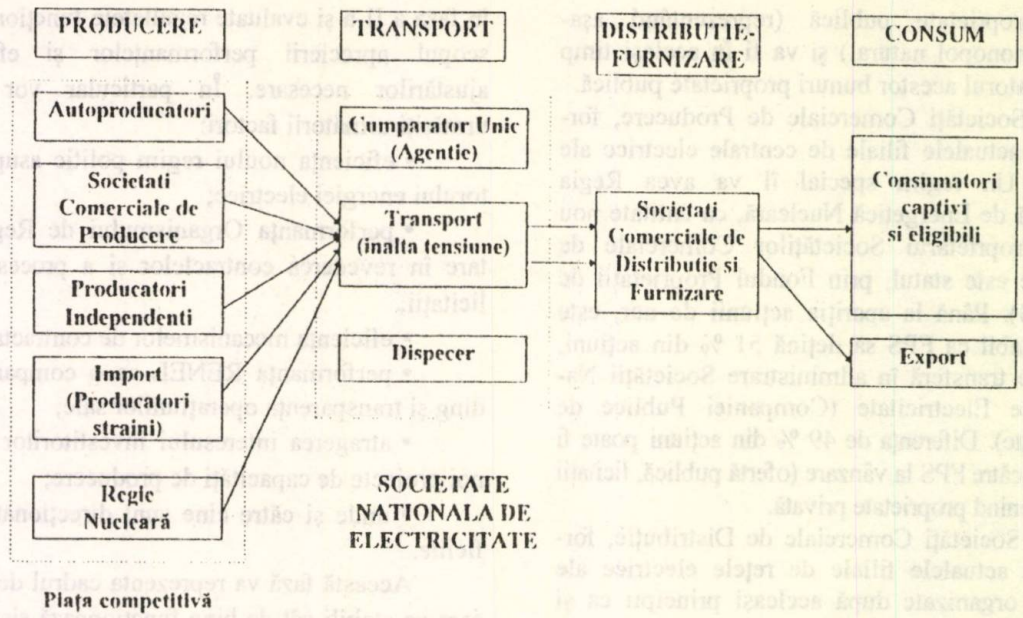
Această fază va reprezenta cadrul de testare, care va stabili cât de bine funcţionează sistemul şi cât de bine se ajustează elementele sale. În această fază vor trebui să apară beneficiile rezultate din competiţie şi corporatizare (dezagregare în producere, transport, distribuţie).

Faza a IV-a: Funcţionarea finală

În această fază vor trebui introduse modificările din faza a III-a, iar sectorul energiei electrice va fi structurat şi operat pe baza modelului ales. În acest model ar putea fi relevante decizii suplimentare, precum:

- solicitarea RENEL de a-şi externaliza suplimentar mijloace fixe de producere;
- privatizarea, parţială sau totală, a RENEL;
- necesitatea garantării de către guvern a noilor investiţii.

În această fază vor putea fi realizate în întregime beneficiile competiţiei prevăzute în opţiunile 2 şi 3. Rolul guvernului în sector ar fi minim, realizându-se o afluenţă de capital privat în sector. Totuşi, există pericolul ca beneficiile mai mari din aşa-numitele opţiuni intermediare să fie atât de atractive încât să descrească entuziasmul guvernului pentru a trece la opţiunea 4 de competiţie completă. Trebuie să se reziste la această tentaţie, deoarece este clar că implementarea opţiunii 4 poate aduce beneficii suplimentare; în caz contrar, opţiunile 2 şi 3 sunt capabile să asigure şi ele beneficii pentru o funcţionare durabilă pe termen lung.



Noua structură a sectorului energiei electrice.

7. Crearea bazei legale pentru restructurarea sectorului energiei electrice

Indiferent de opțiunea aleasă, sunt patru domenii importante care vizează *cadrul legal:*

♦ *Legislația permisivă.* Legea energiei electrice trebuie să definească în mod clar autoritatea conformă cu funcționarea structurii sectorului, precizând parametrii generali ai acelei structuri.

♦ *Autoritatea de reglementare.* Legea trebuie să prevadă o autoritate de reglementare independentă, care trebuie să respecte în mod clar criterii solide exprimate și trebuie să funcționeze într-o manieră deschisă, previzibilă și cu posibilități de revizuire.

♦ *Structura comercială și de investiții.* Investiția privată reprezintă un scop; legile care prevăd problemele comerciale și de investiții trebuie să faciliteze astfel de investiții.

♦ *Controlul antimonopol.* Dacă competiția reprezintă un scop, legea trebuie să prevadă un mecanism prin care guvernul poate să împiedice și să oprească participanții din sector de la obținerea unui control de tip monopol și de la angajarea lor într-o comportare anticompetiție.

Concluzii

La nivelul Uniunii Europene a fost aprobată, la 20 iunie 1996, Directiva care reprezintă un pas esențial în crearea pieței unice a energiei. Sectorul energiei electrice din România nu îndeplinește în acest moment cerințele Directivei Uniunii Europene.

În vederea reformei sectorului energiei electrice se prezintă acțiuni politice și guvernamentale care condiționează succesul reformei în acest sector. Guvernul, având susținerea partidelor politice de guvernământ, trebuie să dea o Declarație Oficială privind sectorul energetic și industria energiei electrice din România. Elaborarea strategiei energetice a României reprezintă pentru guvern o prioritate absolută și de maximă urgență.

Restructurarea RENEL poate avea loc prin adoptarea modelului cumpărătorului unic (opțiunea 2 îmbunătățită din Studiul Bechtel). Acest model poate menține structura integrată vertical a generării, transportului și distribuției/furnizării, dar energia va fi produsă pe bază competitivă. Se va crea o entitate nouă- Agenția de Cumpărare a Energiei - cu responsabilități pentru cumpărarea întregii energii de la producători și pentru vânzarea sa en-gros.

Reforma sectorului energetic trebuie să se desfășoare etapizat, astfel:

- Faza I: Pregătirea
- Faza II: Crearea noului sector al energiei electrice
- Faza III: Funcționarea și evaluarea inițială
- Faza IV: Funcționarea finală.

Privatizarea parțială sau totală a RENEL va avea loc în faza a IV-a. Realizarea cadrului legal este esențială pentru realizarea reformei.

Masă rotundă "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente " - Bucureşti, 8 martie 1997

În prezent, societăţile de electricitate, şi în perspectivă şi RENEL, se confruntă cu necesitatea ameliorării condiţiilor de funcţionare legate de creşterea capacităţii de transport a actualelor reţele electrice, a unui control eficient al stabilităţii statice şi dinamice, precum şi cu dificultăţi crescânde pentru obţinerea dreptului de construire de noi centrale şi linii electrice. În acelaşi timp, preocuparea pentru asigurarea unei calităţi corespunzătoare a energiei electrice la consumatori va impune aplicarea de noi mijloace şi măsuri în reţelele electrice de distribuţie.

Din această perspectivă, două noi concepte, FACTS şi CUSTOM POWER, introduse la EPRI - SUA de către dr. Narain Hingorani, vin să grupeze aplicaţii ale electronicii de putere în reţelele de transport şi de distribuţie.

FACTS (Flexible Alternative Current Transmission Systems): un sistem de transport la tensiune alternativă ce încorporează electronică de putere şi alte dispozitive statice în vederea îmbunătăţirii controlabilităţii şi creşterii capacităţii de transport.

CUSTOM POWER: dispozitive statice în reţelele de distribuţie, în vederea creşterii siguranţei în alimentare (evitarea golurilor de tensiune şi a întreruperilor) şi asigurării unei calităţi superioare a energiei electrice la clientelă (atenuarea regimului nesinusoidal şi a nesimetriei curbelor de tensiune).

Dispozitivele FACTS constituie mijloace performante pentru creşterea capacităţii de transport a liniilor electrice existente, modificarea circulaţiei de putere, îmbunătăţirea stabilităţii statice şi tranzitorii, amortizarea oscilaţiilor de tensiune şi putere în sistemele electroenergetice. Principalele dispozitive FACTS sunt: compensatoarele statice de var, care permit controlul continuu de tensiune într-un nod prin generarea sau absorbţia de putere reactivă, compensatoarele serie cu condensatoare şi bobine, care pot regla rapid şi continuu impedanţa liniei electrice, regulatoare defazoare de unghi, regulatoare unificate pentru controlul circulaţiei de putere etc.

Dispozitivele din categoria CUSTOM POWER (sau Power Quality) oferă avantaje importante pentru îmbunătăţirea distribuţiei în medie şi joasă tensiune. Deşi principiile de bază ale tehnologiei sunt similare cu cele ale FACTS, în parte se folosesc alte dispozitive semiconductoare - IGBT (Insulated Gate Bipolare Transistors) şi alte scheme de control al convertizoarelor. Printre mijloacele folosite se menţionează compensatoarele statice de putere reactivă - pentru reducerea variaţiei de tensiune şi flickerului, filtrele active - pentru reducerea regimului nesinusoidal, dispozitivele de stocare pe bază de convertizoare de tip PWM (Pulse Width Modulated), care pot debita putere activă şi reactivă pe durata întreruperii.

Ca răspuns la invitaţia pentru masa rotundă **"Dispozitive FACTS pentru reţelele electrice mai eficiente"**, organizată de revista Energetica (moderatori prof. dr. ing. Mircea Eremia, ing. Anton Vlădescu), s-au primit 14 lucrări, dintre care şase din străinătate.

Am avut plăcerea de a avea între lucrările prezentate şi pe cea a dr. Narain Hingorani, unul din pionierii introducerii tehnologiei de transport la tensiune continuă şi "părintele" conceptelor de FACTS şi CUSTOM POWER. De asemenea, au răspuns profesorii M. Crappe, J. Trecat, Ph. Delarue, C. Boguş, R. Bausiere, E. Milent şi M. Ringlet, ale căror lucrări tratează tehnicile de modelare şi control ale controlorului unificat al circulaţiei de putere (UPFC), respectiv realizarea unui prototip al acestuia pe o microreţea la tensiune continuă.

O problematică largă privind simularea comportării diverselor dispozitive FACTS în regimuri statice şi dinamice este tratată în lucrările profesorului Rafael Mihalič. În această categorie se pot înscrie şi lucrarea profesorilor C. Bulac, M. Eremia, C. Dumitriu, I. Triştiu, care studiază şi efectul SVC asupra stabilităţii de tensiune, şi cea a cercetătorilor C. Aldea şi C. Popescu, care se referă la modelarea SVC pentru simularea performanţelor dinamice cu ajutorul programului TEMI.

Pentru minimizarea efectelor armonicelor care poluează reţelele de alimentare ale convertizoarelor statice de putere, în articolul profesorilor D. Fodor, D. Floricău, F. Ionescu şi C. Boguş, se prezintă structura, principiile de comandă şi problemele specifice ale unui filtru activ paralel. Problematica compensării puterii reactive în reţelele electrice cu sarcini dezechilibrate, cu ajutorul unor dispozitive statice de reglare este abordată în lucrarea profesorilor A. Buta şi A. Pană.

De asemenea, a fost supus discuţiei un scurt dicţionar cu termeni şi abrevieri specifici dispozitivelor de tip FACTS.

Cu ocazia discuţiilor purtate la masa rotundă, entuziasmul a fost oarecum "temperat" de unele întrebări retorice:

- *De ce nu creşte numărul de aplicaţii ale dispozitivelor FACTS ?*

Dispozitive cu condensatoare serie comandate cu tiristoare sunt în funcţiune de mai mulţi ani şi experienţa de exploatare este satisfăcătoare. Ele permit reglajul circulaţiei de putere în linii electrice paralele şi reducerea, sau chiar suprimarea, oscilaţiilor subsincrone între generatoarele din reţea. Explicaţia numărului lor încă redus, poate consta în faptul că, pentru moment, viteza mare de răspuns a tiristoarelor nu este necesară; comutarea prin dispozitive mecanice a condensatoarelor sau schimbarea ploturilor transformatoarelor ce reglează unghiul de fază sunt suficient de rapide pentru situaţii de funcţionare normale. De asemenea, de mai mulţi ani există şi alte mijloace de a elimina pericolul oscilaţiilor subsincrone.

- *Introducerea dispozitivelor FACTS este eficientă?*

Oportunitatea introducerii de FACTS impune evaluarea costurilor investiţiilor în raport cu costurile de exploatare - pentru pierderi de energie şi daune - datorită indisponibilităţilor. Pentru moment o asemenea evaluare nu poate fi încă făcută, întrucât numărul echipamentelor FACTS în funcţiune este redus şi, în plus, nu au fost folosite complet toate posibilităţile conform proiectului iniţial.

În ceea ce priveşte costurile estimate, după un studiu al EPRI 1996, dacă costul condensatoarelor derivaţie clasice este de 8 $/kvar, costul SVC-ului se ridică la 40 $/kvar (pentru partea controlată static), iar pentru UPFC fiecare din părţile componente, serie sau derivaţie, necesită circa 50 $/kvar. În plus, costurile se majorează dacă se consideră şi pierderile de putere, care pentru un SVC (cu condensatoare comutate prin tiristoare) având 100 Mvar reprezintă 1%, adică circa 1000 kW, în timp ce pentru un STATCOM (echipament ce include GTO-uri) cu aceeaşi putere nominală, consumul va creşte la 2%, adică la circa 2000 kW.

- *Interacţiunea sistemelor de comandă ale FACTS.*

Sistemele de comandă ale dispozitivelor FACTS introduc noi bucle de reglaj în sistemele electroenergetice, ale căror mărimi de consemn optime trebuie să ţină seama de interacţiunile cu celelalte sisteme de protecţie şi automatizări existente. În acest sens va fi avantajos ca buclele de reglaj să se bazeze pe semnale locale, iar diferitele regulatoare FACTS să reacţioneze pe cât posibil independent.

*

În jurul "Aplicaţiilor dispozitivelor FACTS" s-a organizat un mare număr de publicaţii şi multe manifestări tehnico-ştiinţifice internaţionale. Numeroase organisme internaţionale ca IEEE şi CIGRE şi-au propus ca preocupări preferenţiale HVDC şi sistemele FACTS. De aceea, consider că iniţiativa revistei Energetica, prin domnul dr. Eugeniu Pavel - preşedintele colegiului de redacţie, de a organiza această manifestare este meritorie.

Prof. dr. ing. MIRCEA EREMIA
Facultatea de Energetică

DISPOZITIVE FACTS. CONCEPTE ŞI APLICAŢII ÎN SISTEMELE ELECTROENERGETICE

prof. dr. ing. MIRCEA EREMIA, conf. dr. ing. CĂTĂLIN DUMITRIU, ş.l. ing. CONSTANTIN BULAC,
as. ing. ION TRIŞTIU, as. ing. MIRCEA SCUTARIU *

În lucrare sunt prezentate, într-o formă sintetică, aspecte privind concepţia şi aplicaţiile dispozitivelor FACTS - clasice şi avansate - pentru o utilizare intensivă şi un control eficient al liniilor electrice de transport.

În acest sens problema controlului circulaţiei de putere pe liniile electrice de interconexiune constituie o aplicaţie deosebit de actuală a dispozitivelor FACTS şi pentru SEN.

The paper gives a general description of certain aspects regarding the design and applications of the FACTS devices - traditional and advanced - meant for an intensive use and an efficient control of the transmission lines.

In this respect the control of power flow througe the interconnection power lines represents an entremely important application of the FACTS equipment to the Matinal Power System.

Descriptori: dispozitive FACTS, SVC, UPFC, CSCT

1. Concepte şi necesitate

În prezent, societăţile de electricitate din ţările dezvoltate se confruntă cu necesitatea ameliorării condiţiilor de funcţionare, legate de creşterea capacităţii de transport a actualelor reţele electrice, a unui control eficient al stabilităţii statice şi dinamice, precum şi cu dificultăţi crescânde, provocate de ecologişti, în construcţia de noi centrale şi linii electrice.

Pe măsură ce schimburile de energie între societăţile de electricitate cresc în volum, apar probleme datorită în special "legilor lui Kirchhoff", care, după cum arată dl. Henri Persoz, "*complică enorm viaţa dispecerilor ce gestionează sistemele electroenergetice interconectate*", reţele electrice din diferite ţări influenţându-se reciproc [1]. Pot apărea circulaţii de puteri nedorite, "parazite", sub formă de "circulaţii în buclă" între zone interconectate, care duc la supraîncărcarea unor linii electrice, probleme de stabilitate şi totodată pierderi suplimentare de putere şi energie electrică.

În sistemele de transport şi distribuţie au loc schimbări semnificative, determinate, în principal, de impactul tehnologiilor noi bazate pe electronica de putere, pe dezvoltarea microprocesoarelor şi microelectronicii, pe introducerea comunicaţiilor prin fibre optice şi altele. Apare necesară înlocuirea actualelor echipamente de comutaţie, bazate pe dispozitive mecanice, cu dispozitive cu comutaţie statică; acestea sunt capabile de cicluri anclanşare - declanşare - reanclanşare foarte rapide, într-un număr de manevre teoretic nelimitat (comparativ cu numărul limitat, datorită uzurii contactelor, la întreruptoarele mecanice). După dr. Hingorani Narain introducerea unor astfel de tehnologii, "*face transportul şi distribuţia de energie electrică mai sigure, mai controlabile şi mai eficiente*" [2].

Conceptul de sistem flexibil - FACTS[1] a fost introdus în urmă cu circa 10 ani de către EPRI[2] şi are la bază introducerea semiconductoarelor pentru comenzi rapide în reţelele electrice, în vederea unei exploatări mai bune a acestora. Se urmăreşte utilizarea intensivă a unor linii electrice prin creşterea capacităţii de transport, când aceasta este limitată de aspecte privind stabilitatea de tensiune sau stabilitatea tranzitorie şi, în general, ameliorarea repartiţiei puterii în reţelele buclate. Aceasta va permite

* Facultatea de Energetică, Universitatea "POLITEHNICA" Bucureşti

(1) Flexible Alternative Current Transmission Systems
(2) Electric Power Research Institute, Palo Alto, California

exploatarea liniilor electrice mai aproape de limita de încărcare termică admisibilă, evitând în acelaşi timp tranzitele "parazite" în reţelele învecinate.

O definiţie simplă a FACTS a fost propusă de Grupul de lucru IEEE împreună cu Comitetul de studii 14 al CIGRÉ: "*Un sistem de transport în curent alternativ ce încorporează electronică de putere şi alte controloare statice în vederea îmbunătăţirii controlabilităţii şi creşterii capacităţii de transport.*"

Utilizarea dispozitivelor FACTS permite modificarea directă a unuia sau mai multor parametrii ai sistemului de CA, cum ar fi impedanţa liniei electrice, unghiul tensiunii de fază, tensiunea şi curentul.

În prezent, asistăm la introducerea celei de-a doua generaţii de sisteme flexibile, aşa-zisele "FACTS - avansate", care realizează o utilizare mai completă a electronicii de putere. În timp ce la tiristoarele obişnuite întreruperea curentului este provocată de o acţiune exterioară semiconductoarelor, şi anume trecerea curentului prin zero, dispozitivele avansate folosesc tiristoare blocabile GTO (Gate - Turn Off), care au capacitatea de a întrerupe curentul oriunde pe durata unui ciclu al undei de tensiune.

Dispozitivele bazate pe electronica de putere pot răspunde la o serie de probleme ce apar frecvent în exploatarea sistemelor electroenergetice:

- *compensarea puterii reactive* şi, în consecinţă, reducerea circulaţiei de putere reactivă ce încarcă liniile electrice şi determină pierderi de putere;
- *controlul circulaţiei de putere*, astfel încât o anumită cantitate să fie dirijată pe rute prestabilite, evitându-se circulaţiile "parazite" de putere prin reţelele electrice învecinate;
- *încărcarea liniilor de transport în apropierea limitelor lor* de curent maxim admisibil în regim permanent, stabilitate termică în regim de scurtcircuit etc.;
- *interconexiuni îmbunătăţite şi sigure între sistemele vecine*, pentru "ajutor" în caz de necesitate; în consecinţă se pot reduce rezervele necesare de putere generată în aceste sisteme;
- *îmbunătăţirea stabilităţii statice şi tranzitorii*, prin creşterea rezervelor acestora;
- *amortizarea oscilaţiilor în sistem*, evitându-se producerea defectării echipamentului şi/sau limitarea capacităţii de transport.

Având în vedere rezultatele obţinute prin utilizarea dispozitivelor FACTS în reţelele de transport în CA, specialiştii de la EPRI au lansat în ultimii ani conceptul de CUSTOM POWER sau "power quality". Prin noul concept se înţelege utilizarea şi în reţelele de distribuţie a unor dispozitive bazate pe electronica de putere, în special pentru creşterea siguranţei în alimentare (evitarea golurilor de tensiune şi a întreruperilor) şi asigurării unei calităţi superioare a energiei electrice (atenuarea regimului nesinusoidal şi a nesimetriei undelor de tensiune).

2. Controlul circulaţiei de putere pe liniile electrice

2.1. Limitări ale capacităţii de transport

Posibilitatea de control al circulaţiei de putere în sistemele electroenergetice este unul din factorii cruciali ce afectează dezvoltarea sistemelor moderne. Aceasta are în vedere, pe de o parte, transferul unei puteri cât mai mari în condiţii de siguranţă şi economicitate şi, pe de altă parte, realizarea unor tranzite impuse pe anumite coridoare de transport.

În funcţie de structura reţelelor electrice asistăm la restricţii diferite în realizarea acestor deziderate:

• În cazul reţelelor electrice buclate, cu distanţe relativ mici între staţiile de conexiune (50 ... 100 km) - cum este şi cazul sistemului românesc - capacitatea de transport a liniilor electrice aeriene este limitată de încălzirea provocată de trecerea curentului electric şi de temperaturile admisibile ale elementelor reţelei. În regim normal de funcţionare densitatea economică de curent în conductoarele liniilor electrice este în jur de 0,5 - 0,65 A/mm^2, fiind inferioară limitei termice admisibile; apare, deci, posibilitatea unei încărcări suplimentare a liniilor electrice.

• În sistemele electroenergetice, unde energia electrică este produsă departe de zona de consum, s-au dezvoltat reţele de transport cu linii lungi (250 ... 1500 km), la tensiuni foarte înalte (330 ... 750 kV). Este cazul SUA şi Canadei, al Braziliei şi Argentinei, al Suediei, Angliei şi Rusiei, al unor ţări din Africa şi Asia. În astfel de

situaţii apar alte aspecte care împiedică realizarea capacităţii de transport, ca, de exemplu, menţinerea nivelului de tensiune, stabilitatea statică şi tranzitorie, oscilaţiile de putere etc.

2.2. Expresiile puterilor tranzitate

Se consideră cazul unei linii electrice ideale, fără pierderi (longitudinale şi transversale), având tensiunile la cele două capete $\underline{U}_A = U_A e^{j\delta}$ şi $\underline{U}_B = U_B e^{j0}$. În acest caz ecuaţia tensiunii la nodul sursă (A) este [3]:

$$\underline{U}_A = \underline{U}_B \cos\phi_L + j Z_C \underline{I}_B \sin\phi_L, \qquad (1)$$

unde:

$\phi_L = 2\pi L / \lambda_0$ este unghiul de transmisie, măsurat în grade, corespunzând liniei de lungime L , λ_0 = 6000 km fiind lungimea de undă;

Z_C - impedanţa caracteristică a liniei, având dimensiunea unei rezistenţe (în cazul liniei fără pierderi);

$\underline{I}_B = \left(P_B - jQ_B\right)/\underline{U}_B^*$ - curentul absorbit la capătul receptor al liniei electrice.

Fazorul tensiunii la nodul A poate fi exprimat prin:

$$\underline{U}_A = U_B \cos\phi_L + jZ_C \sin\phi_L \left(\frac{P_B - jQ_B}{\underline{U}_B^*}\right)$$

$$\underline{U}_A = U_A e^{j\delta} = U_A\left(\cos\delta + j\sin\delta\right)$$

Prin identificarea părţilor reale şi imaginare din membrul drept ale ultimelor expresii, se pot deduce expresiile puterilor activă şi reactivă la nodul B:

$$P_B = \frac{U_A U_B}{Z_C \sin\phi_L}\sin\delta \qquad (2)$$

$$Q_B = \frac{U_B\left(U_A\cos\delta - U_B\cos\phi_L\right)}{Z_C\sin\phi_L} \qquad (2')$$

În mod similar se pot obţine şi expresiile puterilor de la nodul sursă:

$$P_A = \frac{U_A U_B}{Z_C \sin\phi_L}\sin\delta \qquad (3)$$

$$Q_A = \frac{U_A\left(U_A\cos\phi_L - U_B\cos\delta\right)}{Z_C\sin\phi_L} \qquad (3')$$

În cazul "liniei scurte" (din punct de vedere electric), se poate considera că $Z_C \sin\phi_L \cong Z_C\phi_L = X_L$, respectiv $\cos\phi_L \to 1$ şi în consecinţă, expresiile puterilor capătă *formele aproximative* cunoscute:

$$P_A = P_B = \frac{U_A U_B}{X_L}\sin\delta = P_e\ ; \qquad (4)$$

$$Q_A = \frac{U_A^2 - U_A U_B\cos\delta}{X_L}; \qquad (4'),$$

$$Q_B = \frac{U_A U_B\cos\delta - U_B^2}{X_L}. \qquad (4'')$$

Dacă tensiunile la cele două capete ale liniei de transport sunt egale, $U_A = U_B$, atunci *expresiile simplificate* ale puterilor aparente complexe sunt:

$$\underline{S}_A = P_A + jQ_A = \frac{U_A^2}{X_L}\sin\delta + j\frac{U_A^2}{X_L}\left(1-\cos\delta\right)$$

$$\underline{S}_B = P_B + jQ_B = \frac{U_A^2}{X_L}\sin\delta - j\frac{U_A^2}{X_L}\left(1-\cos\delta\right)$$

adică $P_A = P_B$ şi $Q_A = -Q_B$.

În cazul particular, când $U_A = U_B = U_n$, din (2) se obţine:

$$P_B = \frac{U_n^2}{Z_C\sin\phi_L}\sin\delta = P_n\frac{\sin\delta}{\sin\phi_L}, \qquad (5)$$

unde $P_n = U_n^2/Z_C$ este puterea naturală a liniei de transport; ea corespunde unui transport de energie electrică cu tensiune constantă în lungul liniei.

2.3. Principii de control al puterilor tranzitate

Pentru modificarea puterii active transmise pe o linie de transport conform expresiilor (2) şi (3) se poate acţiona asupra a trei parametri: reactanţa longitudinală, tensiunile de la capetele liniei şi defazajul între acestea. Rezultă că, folosind mijloace speciale de compensare, puterea activă maximă P_{max} se obţine pentru un defazaj $\delta = 90^o$ şi poate fi crescută prin micşorarea parametrilor Z_C şi ϕ_L, separat sau simultan.

În acest sens, pentru **cazul fără compensare** se pot scrie expresiile parametrilor implicaţi:

$$Z_{C0} = \sqrt{\frac{x_{L0}}{b_{c0}}} = \sqrt{\frac{X_{L0}}{B_{c0}}};$$

$$\phi_{L0} = \beta_0 l = \omega\sqrt{x_{L0}\,b_{c0}}\,l = \sqrt{X_{L0}\,B_{c0}};$$

$$P_{n0} = U_n^2\sqrt{\frac{b_{c0}}{x_{L0}}} = U_n^2\sqrt{\frac{B_{c0}}{X_{L0}}}.$$

În continuare, se va analiza influenţa acţiunii de compensare derivaţie şi serie, distribuite de-a lungul liniilor electrice, asupra parametrilor Z_{c0}, β_0 şi P_{n0} [8].

• **Controlul puterii tranzitate prin compensarea derivaţie.** Dacă b_{der} este susceptanţa de compensare pe unitatea de lungime, atunci expresia susceptanţei derivaţie echivalente este:

$$b = b_{c0} - b_{der} = b_{c0}\left(1 - K_{der}\right),$$

unde $K_{der} = b_{der}/b_{c0}$ este gradul de compensare derivaţie ($K_{der} > 0$ pentru compensarea inductivă şi $K_{der} < 0$ pentru compensarea capacitivă).

În consecinţă, relaţiile de legătură între cazurile cu şi fără compensare derivaţie, devin:

$$Z_C = \sqrt{\frac{x_{L0}}{b}} = \sqrt{\frac{x_{L0}}{b_{c0}\left(1 - K_{der}\right)}} = \frac{Z_{c0}}{\sqrt{1 - K_{der}}} \quad (6)$$

$$\beta = \beta_0\sqrt{1 - K_{der}}\,; \quad P_n = P_{n0}\sqrt{1 - K_{der}}\,.$$

Rezultă că:

- prin compensarea cu condensatoare în derivaţie se obţine scăderea impedanţei caracteristice (Z_C), creşterea unghiului de transmisie (β), dar şi creşterea puterii naturale (P_n);
- prin compensarea inductivă derivaţie se obţine creşterea Z_C, scăderea lui β şi a P_n.

• **Controlul puterii tranzitate prin compensarea cu condensatoare serie.** Prin compensarea serie cu condensatoare se modifică reactanţa inductivă echivalentă a liniei de transport. Dacă $X_{c\ serie}$ este reactanţa unuia dintre condensatoarele serie uniform distribuite pe linie, atunci expresia reactanţei echivalente (pe unitatea de lungime) este:

$$x_L = x_{L0} - \frac{1}{\omega C_{serie}} = x_{L0}\left(1 - K_{serie}\right).$$

Relaţiile de legătură între cazul liniei compensate cu condensatoare serie şi necompensate, devin:

$$Z_C = \sqrt{\frac{x_L}{b_{c0}}} = Z_{c0}\sqrt{1 - K_{serie}}\,; \quad (7)$$

$$\beta = \beta_0\sqrt{1 - K_{serie}}\,; \quad P_n = P_{n0}/\sqrt{1 - K_{serie}}\,.$$

Se constată că prin creşterea gradului de compensare serie ($K_{serie} = X_{C\,serie}/X_{L0}$) scad impedanţa caracteristică şi unghiul de transmisie al liniei, dar creşte puterea naturală.

3. Dispozitive FACTS

3.1. Elemente de bază

În prezent, în realizarea dispozitivelor FACTS se regăsesc două grupe de tehnologii, şi anume cele bazate pe utilizarea tiristoarelor şi cele ce includ componente GTO. Prima dintre acestea, având la bază modulul cu tiristoare, este bine pusă la punct şi are multiple aplicaţii în domeniul transportului de energie la tensiune continuă (CCIT) şi al compensatoarelor statice de var [7, 8, 11].

Principalele componente ale unui sistem flexibil sunt: montajul antiparalel a două module cu tiristoare, elementele pasive lineare şi neliniare de stocare a energiei electrice şi alte circuite auxiliare. În acest sens o schemă sugestivă pentru structura unui modul cu tiristoare este dată în figura 1 [5]. Fiecare modul cuprinde trei niveluri:

- *nivelul tiristor*, simbolizat cu TR, cu dispozitivul de comandă a intrării în conducţie, radiatorul de răcire şi circuitele de protecţie *RC* (care limitează viteza de revenire a tensiunii dv/dt, când se trece de la starea de conducţie la starea de nonconducţie) şi de repartiţie a tensiunii (în mod uniform pe toate tiristoarele conectate în serie);
- *nivelul secţiune a modulului*, notat cu SM, compus dintr-o bobină saturabilă pentru limitarea variaţiilor de curent di/dt (la comutaţia din starea nonconducţie în cea de conducţie), conectată în serie cu k tiristoare şi totul în paralel cu un condensator de limitare a variaţiei de tensiune dv/dt;
- *nivelul modulului*, simbolizat cu ✳, cuprinde n secţiuni înseriate împreună cu sistemul de comandă prin fibră optică, sistemul de distribuire a lichidului de răcire şi suportul izolant; nivelul modulului corespunde echipamentului celui mai mic ce poate fi schimbat în structura mecanică a modulelor.

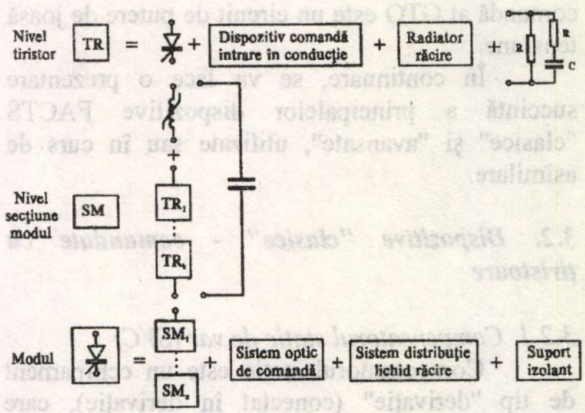


Fig.1. Structura unui modul cu tiristoare cu mai multe niveluri (adaptare după [5]).

Prin conectarea a două module cu tiristoare în montaj antiparalel se obţine un întreruptor static bidirecţional, care poate asigura

conducţia pe ambele alternanţe ale tensiunii (tiristoarele conduc succesiv, în funcţie de polaritatea tensiunii, atunci când primesc comandă de intrare în conducţie). Pentru a avea un curent constant prin condensatorul şi/sau bobina unei scheme de compensare, ambele tiristoare trebuie menţinute în stare de conducţie prin impulsul de comandă pe grilă. Dacă se întrerupe impulsul de comandă, curentul electric prin tiristor nu se va întrerupe imediat, tiristorul se va bloca doar la trecerea naturală prin zero a curentului.

Pornind de la unitatea de bază - modulul sau valva cu tiristoare - se pot realiza circuite formate din condensatoare comandate prin tiristoare (CCT), respectiv dintr-o bobină controlată (în fază) prin tiristoare (LCT) şi altele.

Spre deosebire de modulele cu tiristoare în care problema conectării acestora în serie, pentru a obţine instalaţii la tensiune înaltă, a fost rezolvată, realizarea de structuri cu componente GTO, în serie şi în paralel, prezintă încă dificultăţi (în special datorate unei mari dispersii a caracteristicilor GTO în procesul de comutaţie). Din această cauză, la nivel industrial această conexiune în serie nu este realizată decât pentru două sau trei unităţi [6]. Conectarea în serie se realizează la nivelul structurii convertizoarelor.

Comanda GTO - urilor este mai complexă decât cea a tiristoarelor clasice. Pentru a trece din starea de conducţie în starea de nonconducţie, se va aplica pe electrodul de comandă al GTO-ului un impuls de curent negativ cu amplitudine mare, de circa 1/3 din curentul principal (curentul anodic) pe care acesta îl conduce. Deci, circuitul de comandă al GTO este un circuit de putere de joasă tensiune.

În continuare, se va face o prezentare succintă a principalelor dispozitive FACTS "clasice" şi "avansate", utilizate sau în curs de asimilare.

3.2. Dispozitive "clasice" - comandate cu tiristoare

3.2.1. Compensatorul static de var (SVC)

Compensatorul static este un echipament de tip "derivaţie" (conectat în derivaţie), care cuprinde condensatoare şi o bobină comandate static cu ajutorul tiristoarelor, utilizat pentru injecţie/absorbţie rapidă de putere reactivă într-un nod al reţelei, având ca obiective: menţinerea tensiunii la o valoare apropiată de tensiunea dorită şi îmbunătăţirea stabilităţii statice (prin creşterea puterii transmisibile pe distanţe lungi şi amortizarea oscilaţiilor de tensiune şi putere) şi tranzitorii. Pe lângă aceste aplicaţii de tip "reţea", SVC-ul poate fi utilizat în aplicaţii dedicate "consumatorului", ca de exemplu, echilibrarea unei sarcini care prezintă dezechilibru între faze, stabilizarea rapidă a tensiunii la bornele unei sarcini cu fluctuaţii de putere reactivă etc.

În figura 2 se prezintă schema de principiu a unui compensator static (*a*), caracteristica U-I a acestuia (*b*), respectiv schema echivalentă Thévenin (*c*) şi caracteristica mixtă a SVC-ului şi a sistemului electroenergetic în nodul de racord (*d*).

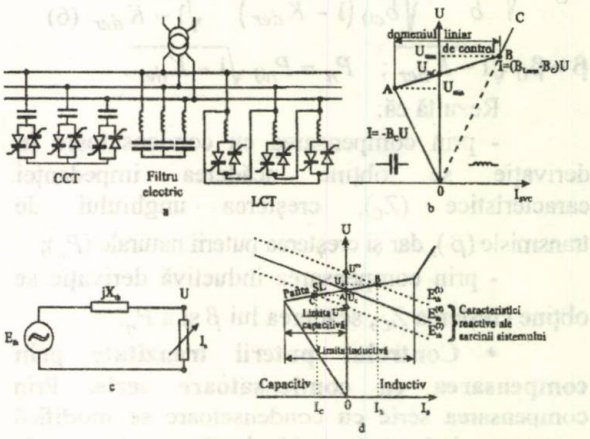


Fig. 2. Schema unui compensator static şi caracteristicile U - I

În regim staţionar, domeniul de funcţionare al unui compensator static cuprinde trei zone (fig.2, *b*):

- domeniul de reglaj linear, în care SVC-ul dispune de puterea necesară pentru a permite stabilirea punctului de funcţionare pe caracteristica *AB*;
- domeniul de tensiuni ridicate (*BC*), cu $U > U_{\max}$, în care SVC-ul funcţionează la maximum în inductiv;
- domeniul de tensiuni scăzute (*OA*), în care $U < U_{\min}$ şi SVC-ul funcţionează la maximum în capacitiv.

Caracteristica compensatorului static se poate exprima sub forma:

$$U = U_0 + X_{SL} I_S , \qquad (8)$$

în care:

U_0 este tensiunea de referinţă (U_{ref}) pentru $I_s = I_{SVC} = 0$, având valorile limită maximă şi minimă;

X_{SL} - reactanţa corespunzătoare pantei SL în interiorul domeniului liniar de control.

În ceea ce priveşte sistemul electroenergetic, la care se conectează compensatorul static, acesta se poate modela printr-un circuit echivalent Thévenin (având t.e.m. E_{th} şi reactanţa de scurtcircuit X_{th}) (fig.2, *c*), iar caracteristica statică poate fi exprimată prin ecuaţia [8]:

$$U = E_{th} - X_{th} I_S . \qquad (9)$$

Prin combinarea ecuaţiilor (8) şi (9) se obţine caracteristica mixtă din figura 2*d*.

Fie caracteristicile U-I ale sistemului electroenergetic corespunzătoare la trei valori ale tensiunii sursei echivalente, $E_{th}^{(1)} > E_{th}^{(0)} > E_{th}^{(2)}$. Caracteristica din mijloc, $E_{th}^{(0)}$, care corespunde condiţiilor nominale ale sistemului - intersectează caracteristica compensatorului static în punctul *A* ($U_A = U^{(0)}$ şi $I_s = 0$). În continuare, se consideră două situaţii:

- dacă tensiunea sistemului creşte, devenind $E_{th}^{(1)}$ (datorită scăderii sarcinii în sistem), atunci tensiunea la bornele circuitului echivalent va creşte la $U^{(1)}$, în absenţa compensatorului static. În prezenţa unui compensator static, punctul de funcţionare se va muta în B, compensatorul absorbind un curent inductiv, iar tensiunea coboară la valoarea $U_B > U_A$;
- dacă tensiunea sursei scade devenind $E_{th}^{(2)}$, punctul de funcţionare se mută în *C*, compensatorul furnizând un curent capacitiv, şi tensiunea devine $U_C < U_A$.

Compensatoarele statice de putere reactivă, apărute încă din anii '70, constituie în prezent dispozitivele FACTS cu cea mai largă utilizare.

3.2.2. Compensarea serie cu condensatoare

La originea ideii de sistem flexibil au stat metodele clasice, ca, de exemplu, introducerea unui condensator în serie cu linia electrică (fig.3), în scopul îmbunătăţirii stabilităţii statice (prin mărirea cuplului de sincronizare P_e) şi/sau reducerii supratensiunilor.

Având în vedere expresia (4) a puterii active P_A, prin introducerea unui condensator în serie cu linia, se obţine o creştere a puterii tranzitate:

$$P_A' = \frac{U_A U_B}{X_L - X_C} \sin\delta > P_A .$$

Dacă prima linie electrică aeriană cu condensatoare fixe în serie (fig.3*b*) a funcţionat în Suedia, încă din 1952, ulterior s-au folosit scheme cu posibilităţi de reglare în trepte după necesităţi (fig.3*c*). Reglajul se face însă lent, fiind manual, iar prin manevrarea întreruptoarelor apar regimuri tranzitorii însoţite şi de supratensiuni pe linia electrică. În aceste condiţii, este convenabilă includerea pe fiecare fază a unui condensator comandat cu tiristoare, care să fie capabil să regleze continuu impedanţa până la valori egale cu impedanţa naturală a liniei electrice (fig.3 *d*). În general, din motive economice se foloseşte o parte clasică cu comutaţie mecanică şi 1 ... 3 module cu comutaţie statică.

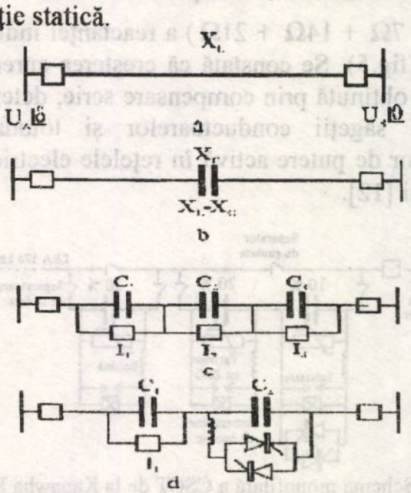


Fig. 3. Modificarea reactanţei inductive a unei linii electrice prin înserierea de condensatoare.

Au fost realizate şi alte dispozitive cu comutaţie statică pentru reglarea rapidă a impedanţei liniei electrice şi în consecinţă modificarea tranzitului de putere (fig.4*a,b*).

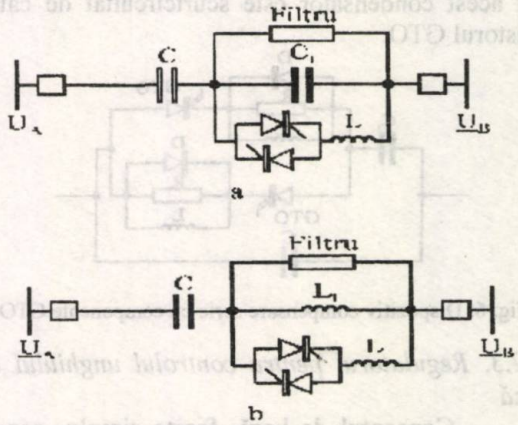


Fig. 4. Dispozitive serie pentru reglarea rapidă a impedanţei liniei electrice (propuse de BPA - SUA).

În primul caz, în serie cu condensatorul C existent pe linie se montează un dispozitiv care cuprinde un filtru electric, un condensator fix C_1 şi o bobină L reglabilă în fază; pe ansamblu, se obţine o reactanţă capacitivă reglabilă (fig.4 *a*). În cea de-a doua schemă, dispozitivul dispune de două bobine, L_1 fixă şi L reglabilă în fază (fig.4 *b*).

Printre primele aplicaţii de compensare serie cu condensatoare comandate cu tiristoare (CSCT) se înscrie cea de pe linia electrică de 345 kV, Kanawha River - Funk, aparţinând la AEP System (SUA). Instalaţia, care constă din condensatoare serie totalizând 788 Mvar, la 2500 A, realizează o compensare totală de 60% ($42\ \Omega = 7\Omega + 14\Omega + 21\Omega$) a reactanţei inductive a liniei (fig.5). Se constată că creşterea curentului pe linie, obţinută prin compensare serie, determină creşterea săgeţii conductoarelor şi totodată a pierderilor de putere activă în reţelele electrice ale AEP-ului [12].

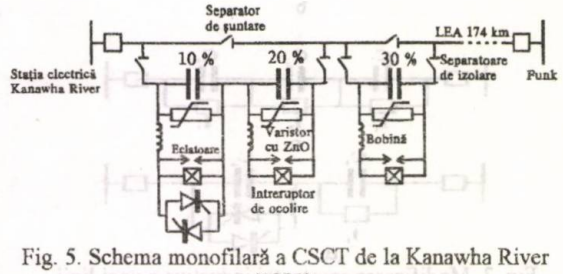


Fig. 5. Schema monofilară a CSCT de la Kanawha River (1991).

În situaţia realizării unui dispozitiv de compensare serie folosind componente GTO, se poate regla continuu mărimea reactanţei capacitive (fig.6). În acest caz, tensiunea la bornele condensatorului se modifică în funcţie de durata cât acest condensator este scurtcircuitat de către tiristorul GTO.

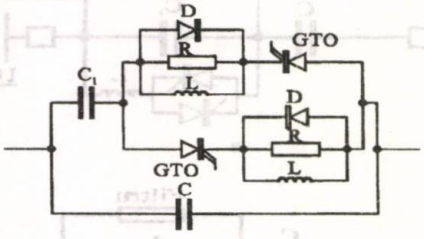


Fig. 6. Dispozitiv compensare serie cu componente GTO.

3.2.3. Regulatorul pentru controlul unghiului de fază

Conceptul de bază, foarte simplu, constă în înlocuirea sistemului clasic de reglaj sub sarcină printr-un comutator de reglaj al prizelor realizat cu tiristoare. Cu ajutorul acestuia se adaugă sau se scade o componentă de tensiune care este în cuadratură cu tensiunea de fază a liniei. Această componentă în cuadratură a tensiunii este obţinută dintr-un transformator auxiliar, conectat între alte două faze ale aceleiaşi linii electrice (fig.7).

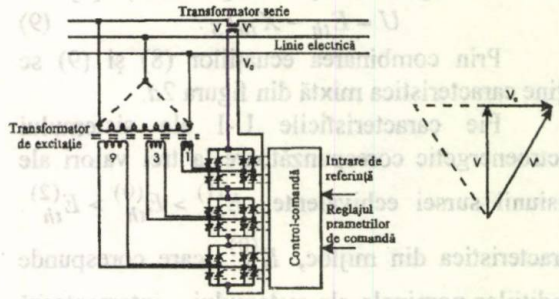


Fig.7. Schema de principiu a regulatorului pentru controlul unghiului de fază.

Acesta dispune de trei înfăşurări secundare, având tensiunile în raport cu 1:3:9. Fiecare înfăşurare are un comutator cu tiristoare, care permite ca aceasta să fie inclusă sau scoasă, în sens pozitiv sau negativ. Prin alegerea lui 1, 3 sau 9 - având polaritatea - sau + pentru fiecare înfăşurare - se poate obţine o tensiune reglabilă în 27 paşi între -13 şi +13. În felul acesta se obţine un control rapid al componentei în cuadratură a tensiunii şi deci şi al circulaţiei de putere pe linie.

3.3. Dispozitive "avansate" controlate cu GTO

Apariţia unei noi generaţii de dispozitive FACTS denumite *avansate*, are la bază tiristoarele cu comandă pe poartă GTO sau tiristoarele MCT (Mos Controlled Thyristor). Dintre aplicaţiile potenţiale se menţionează: compensatorul static de putere reactivă avansat, compensatorul serie avansat şi dispozitivul pentru controlul fluxurilor de putere (UPFC).

3.3.1. Compensatorul static de putere reactivă avansat (CSPRA)

Compensatorul static de putere reactivă avansat este un dispozitiv conectat în paralel cu reţeaua şi capabil să schimbe cu aceasta energie reactivă în ambele sensuri (absorbţie sau furnizare) (fig.8), similar cu un compensator sincron. Principiul de funcţionare constă în a menţine un condensator încărcat la o tensiune continuă V_{cc} şi de a genera cu puntea de conversie, plecând de la această energie, o tensiune V_0 în fază cu tensiunea $\underline{V}$ a reţelei. Diferenţa între amplitudinile acestor tensiuni se aplică la bornele reactanţei inductive X_T, provocând o

circulaţie de curent reactiv. Valoarea absolută a acestei tensiuni determină amplitudinea curentului reactiv, iar semnul ei, sensul defazajului (+ sau -90°) acestui curent în raport cu tensiunea reţelei. CSPRA va fi "văzut" deci de către reţeaua electrică ca un element reactiv cu impedanţă variabilă.

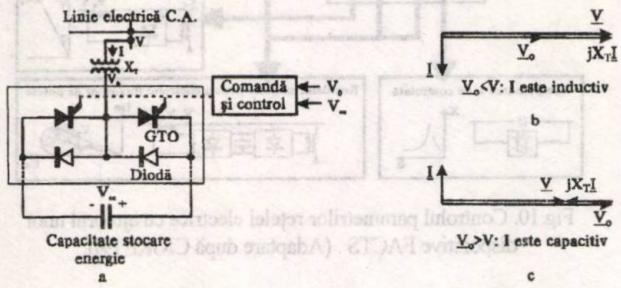


Fig. 8. Schema compensatorului static avansat (*a*) şi diagramele fazoriale ale tensiunilor (*b* şi *c*).

Din figurile 8, *b* şi *c* se observă că dispozitivul se comportă fie ca o inductivitate, absorbind energie reactivă, fie ca un condensator, furnizând energie reactivă (dacă $\underline{I}$ este defazat înainte cu 90° faţă de $\underline{V}$). În acest caz puterea reactivă Q, văzută din reţea este:

$$Q = 3V(V_0 - V)/X_T \cdot$$

Mărimea tensiunii V_0 depinde de potenţialul V_{cc} la bornele condensatorului de stocare. Se menţionează că puterea reactivă maximă ce poate fi produsă de un CSPRA este egală cu produsul dintre tensiune şi curent, în timp ce în cazul compensatorului static (SVC) este egală cu pătratul tensiunii împărţit la impedanţă.

Comparativ cu SVC-ul mai pot fi menţionate şi alte avantaje: reducerea spaţiului necesar pentru instalare (neexistând bobine şi baterii de condensatoare), nu se folosesc filtre de armonice pe partea de CA şi prezintă performanţe dinamice îmbunătăţite. Un CSPRA/STATCON cu puterea de 100 Mvar produs de EPRI şi Westinghouse, este utilizat la controlul tensiunii şi la amortizarea oscilaţiilor de putere. Prin utilizarea sa în acest caz, s-a evitat construcţia unei noi linii de transport.

3.3.2. Regulatorul unificat pentru controlul fluxurilor de putere (UPFC)

Un regulator unificat sau universal al fluxurilor de putere, montat pe o linie electrică, poate controla în mod independent mai mulţi parametri: amplitudinea şi faza tensiunii în lungul liniei, respectiv consumul de putere reactivă, prin controlul tensiunii de fază. Constructiv, regulatorul dispune de două laturi, una în paralel şi una în serie, în raport cu linia de transport, fiecare dintre acestea constând din câte un transformator, un convertor static cu comutaţie autonomă şi un circuit la tensiune continuă (fig. 9 *a*). Transformatorul auxiliar este conectat în derivaţie, în timp ce transformatorul laturii în serie funcţionează ca un transformator supravoltor [13].

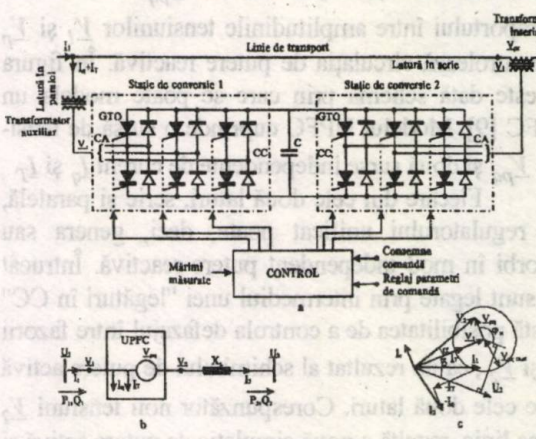


Fig. 9. Schema regulatorului unificat avansat pentru controlul fluxurilor de putere (*a*); model simplificat pentru UPFC (b); diagrama vectorială (c).

O parte din puterea activă tranzitată prin linia de CA, extrasă prin transformatorul auxiliar, este preluată de staţia de conversie *1*; tensiunea continuă de comandă pentru invertor (staţia *2* de conversie) se obţine din legătura în CC (care are o capacitate *C*).

În funcţionarea UPFC-ului latura în paralel realizează două funcţiuni: alimentează cu putere activă (curentul $\underline{I}_T$) latura serie, trecând peste circuitul la tensiune continuă, şi furnizează/absoarbe putere reactivă (constituie o sursă controlabilă de curent reactiv $\underline{I}_q$). Latura în serie poate acţiona ca un compensator serie avansat, în care caz tensiunea suplimentară $\underline{V}_{pq}$ introdusă prin transformatorul de supravoltare şi perpendiculară pe curentul din linie, conduce la modificarea tensiunii la ieşire (fig.9 *b*):

$$\underline{V}_2 = \underline{V}_1 + \underline{V}_{pq} \cdot$$

Printr-un astfel de montaj se poate obţine ca tensiunea $\underline{V}_{pq}$ să fie variabilă, atât ca modul, cât şi ca fază:

$$\underline{V}_{pq} = V_{pq} e^{j\alpha},$$

unde

$$V_{pq}^{\min} \le V_{pq} \le V_{pq}^{\max} \qquad 0 \le \alpha \le 360^\circ .$$

Tensiunea suplimentară introdusă, $\underline{V}_{pq}$, poate avea, în mod teoretic, orice defazaj în raport cu tensiunea $\underline{V}_1$, iar amplitudinea sa se poate modifica

între valorile 0 şi V_{pq}^{max}. Aria de funcţionare devine regiunea limitată de cercul având ca rază V_{pq}^{max}. Vârful fazorului $\underline{V}_{pq}$, şi implicit al fazorului $\underline{V}_2$, poate lua orice poziţie în interiorul acestui cerc. Punctul de funcţionare poate fi modificat în mod continuu, prin schimbarea fazei şi amplitudinii lui $\underline{V}_{pq}$. Prin controlul raportului între amplitudinile tensiunilor $\underline{V}_1$ şi $\underline{V}_p$ se controlează circulaţia de putere reactivă. În figura 9*c* este dată schema prin care se poate modela un UPFC [9]. Modelul UPFC cuprinde o sursă de tensiune $\underline{V}_{pq}$ şi două surse independente de curent $\underline{I}_q$ şi $\underline{I}_T$.

Fiecare din cele două laturi, serie şi paralelă, ale regulatorului unificat poate, deci, genera sau absorbi în mod independent putere reactivă. Întrucât ele sunt legate prin intermediul unei "legături în CC" există posibilitatea de a controla defazajul între fazorii $\underline{V}_1$ şi $\underline{V}_2$, ca un rezultat al schimbului de putere activă între cele două laturi. Corespunzător noii tensiuni $\underline{V}_2$ de pe linie, rezultă o nouă circulaţie de putere activă şi reactivă. Prin modificarea valorilor de consemn la dispozitivul de comandă-control se pot impune fluxurile de puteri active şi reactive pe linia controlată.

În afară faptului că nu conţine componente pasive, regulatorul unificat prezintă şi avantajul că aceeaşi structură de convertor poate fi adaptată la trei scheme pentru reglajul tranzitelor: compensator derivaţie, compensator serie sau defazor de unghi. Un dispozitiv FACTS de tip UPFC cu puterea de 160 MVA, realizat de către Westinghouse, va intra în funcţiune în 1997 la Compania American Electric Power (AEP).

4. Unele aplicaţii ale dispozitivelor FACTS

Utilizarea dispozitivelor FACTS poate conduce la îmbunătăţiri în funcţionarea sistemelor electroenergetice prin: mărirea capacităţii de transport a liniilor, controlul circulaţiei de putere, îmbunătăţirea rezervelor de stabilitate statică şi tranzitorie, amortizarea oscilaţiilor de putere.

În figura 10 sunt prezentate, după [9], patru din cele mai importante dispozitive FACTS şi influenţa lor asupra unuia sau mai multor parametrii. Cea mai eficientă acţiune asupra nivelului de tensiune o are compensatorul static derivaţie (SVC). Pentru modificarea rapidă a impedanţei liniei electrice se utilizează compensatoarele serie controlate cu tiristoare (CSCT), în timp ce argumentul tensiunii de fază poate fi controlat cu regulatoare de unghi comandate electronic. Cel mai complet sistem FACTS, care poate acţiona asupra a trei parametri simultan este regulatorul unificat al circulaţiei de putere (UPFC).

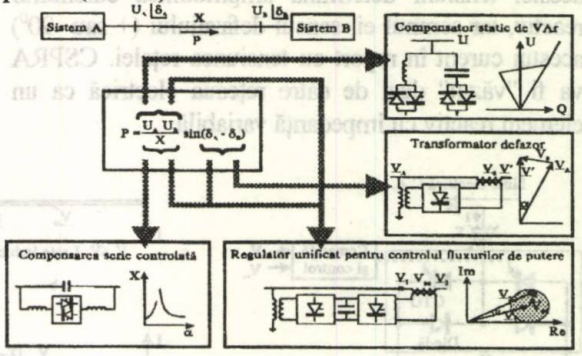


Fig.10. Controlul parametrilor reţelei electrice cu ajutorul unor dispozitive FACTS . (Adaptare după CIGRE [9]).

4.1. Mărirea capacităţii de transport a liniilor electrice

În cazul unei linii electrice de transport, având tensiunile la capete egale $U_A=U_B=U$, din expresia (4) rezultă că puterea activă maximă tranzitată se obţine pentru $\delta = \pi/2$, adică:

$$P_{\max} = U^2/X_L .$$

Dacă la mijlocul liniei, pe bara C, se montează un *compensator static "ideal" derivaţie*, care menţine tensiunea U constantă, rezultă (fig.11):

$$P_{der} = \frac{U^2}{X_L/2}\sin\frac{\delta}{2} = \frac{2U^2}{X_L}\sin\frac{\delta}{2}.$$

În acest scop, compensatorul static trebuie să poată furniza o putere reactivă:

$$Q_{der} = 4\frac{U^2}{X_L}\left(1-\cos\frac{\delta}{2}\right).$$

Deci, puterea activă maximă tranzitată, obţinută pentru un defazaj $\delta = \pi$, se dublează:

$$P_{der,\max} = \frac{2U^2}{X_L}\sin\frac{\pi}{2} = \frac{2U^2}{X_L} = 2P_{\max}.$$

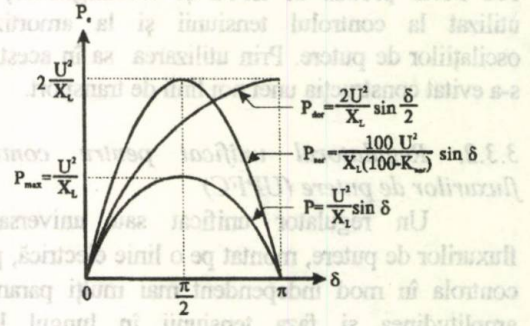


Fig.11. Modificarea puterii active tranzitate în funcţie de unghiul δ.

În cazul *compensării serie cu condensatoare*, având reactanţa capacitivă X_C, puterea maximă tranzitată este (fig.11):

$$P_{der,\max} = \frac{U^2}{X_L - X_C} = \frac{U^2}{X_L - K_{ser}X_L/100} = \frac{100P_{\max}}{100 - K_{ser}},$$

unde $K_{ser} = X_C/X_L 100$ este gradul de compensare serie al liniei electrice.

Rezultă că pentru un K_{ser}=50% puterea maximă tranzitată creşte de două ori. În practică, pentru evitarea apariţiei unor fenomene de rezonanţă subsincronă în reţeaua electrică nu se depăşeşte K_{ser}=40%.

4.2. Controlul circulaţiei de putere

Prin reglajul circulaţiei de putere pe liniile electrice se pot obţine efecte diferite ca: minimizarea pierderilor de putere, evitarea unor circulaţii "parazite" (în buclă), descărcarea unor linii - încărcate la limita lor termică - şi dirijarea puterilor pe alte căi mai descărcate, îndeplinirea unor cerinţe contractuale pe liniile de interconexiuni etc.

În general, în funcţie de locul în care este instalat, echipamentul de control al circulaţiei de putere diferă de la o instalaţie de transport la mare distanţă, la o reţea electrică buclată. De asemenea, există diferenţe între controlul circulaţiei de putere în aplicaţiile pentru regimul permanent de funcţionare sau în caz de stabilitate tranzitorie.

Utilizarea sistemelor FACTS ca, de exemplu: compensarea statică cu condensatoare serie (CSCT) şi regulatorul unificat UPFC, va determina creşterea eficienţei controlului circulaţiei de putere. Prin modificarea reactanţei liniei în funcţie de gradul de compensare serie, sau prin modificarea unghiului de defazaj al tensiunilor de la capetele liniei se poate controla cu precizie circulaţia de putere pe o linie electrică.

Regulatorul unificat UPFC poate controla trei parametri, şi anume: amplitudinea tensiunii injectate în serie V_{pq}, faza acestei tensiuni φ_{pq} şi curentul reactiv I_q (fig.9). Având în vedere că în schema dată dispozitivul UPFC a fost instalat chiar la capătul liniei - unde tensiunea ($\underline{V}_1 = \underline{U}_1$) este independentă de curentul prin linie -, parametrul I_q nu influenţează caracteristicile de transport $P = f(\delta)$. În consecinţă, pentru un UPFC având $V_{pq} \le V_{pq}^{\max}$, trebuie stabilite mărimile celorlalţi doi parametri de control, pentru a se putea obţine puterea activă maximă sau minimă transmisibilă. În acest caz $V_{pq} = V_{pq}^{\max}$, unghiul φ_{pq} se va regla la valorile "optime", fie de + 90°, pentru a obţine puterea transmisă maximă, fie de - 90° pentru a obţine puterea minimă transmisă; deci, unghiul φ_{pq} în aceste două situaţii este independent de V_{pq} (fig.12). Dacă însă UPFC este amplasat nu la capătul liniei, ci undeva în lungul acesteia, atunci expresia pentru parametrul φ_{pq} "optim" trebuie calculată numeric, pentru fiecare regim de funcţionare al sistemului.

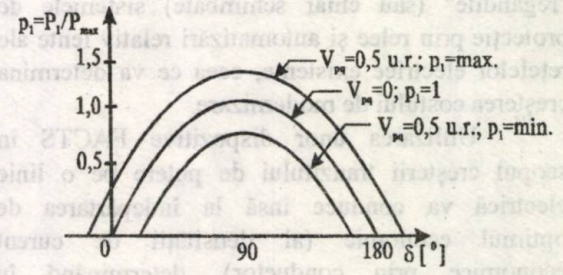


Fig.12. Caracteristicile de transmisie în funcţie de unghiul δ pentru UPFC.

Pe baza schemei electrice simplificate şi a diagramei fazoriale din figurile 9*b,c* se pot stabili următoarele relaţii de calcul:

- pentru tensiune:

$$V_2 = \sqrt{U_1^2 + V_{pq}^2 + 2U_1V_{pq}\cos(\varphi_{pq} - \delta)};$$

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{V_{pq}\sin(\varphi_{pq} - \delta)}{U_1 + V_{pq}\cos(\varphi_{pq} - \delta)}\right);$$

- pentru puterile tranzitate:

$$P_1 = P_2 = \frac{V_2U_2}{X_L}\sin(\delta + \alpha)$$

$$Q_1 = \frac{V_2}{X_L}\left[V_2 - U_2\cos(\delta + \alpha) + V_{pq}\sin(\delta + \alpha) + X_LI_q\right];$$

$$Q_2 = \frac{U_2}{X_L}\left[V_2\cos(\delta + \alpha) - U_2\right].$$

Dacă $\partial P_1/\partial\varphi_{pq} = 0$, adică $\varphi_{pq} = \pm 90°$, atunci amplitudinea şi argumentul tensiunii devin:

$$V_2 = \sqrt{U_1^2 + V_{pq}^2 \pm 2U_1 V_{pq} \sin\delta};$$

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{V_{pq}\cos\delta}{U_1 \pm V_{pq}\sin\delta}\right).$$

În loc de concluzii

Interesul pentru introducerea dispozitivelor FACTS are la bază ideea că ele vor permite exploatarea unui număr de linii electrice existente la o intensitate de curent mai mare (chiar până la limita lor de încărcare termică) şi posibilitatea de reglare rapidă a circulaţiilor de putere pe linii; trebuie însă menţionat că dispozitivele FACTS nu pot înlocui capacităţile de tranzit care ne lipsesc! În acelaşi timp, pentru introducerea de dispozitive FACTS - având un timp redus de răspuns -, trebuie "regândite" (sau chiar schimbate) sistemele de protecţie prin relee şi automatizări relativ lente ale reţelelor electrice existente, ceea ce va determina creşterea costului de modernizare.

Utilizarea unor dispozitive FACTS în scopul creşterii tranzitului de putere pe o linie electrică va conduce însă la îndepărtarea de optimul economic (al densităţii de curent economice prin conductor), determinând în consecinţă o creştere pătratică a pierderilor de putere. Din această perspectivă, dacă nu există şi alte considerente decât cele legate de controlul circulaţiilor de putere pe linii, îmbunătăţirea stabilităţii sistemului şi altele, soluţia optimă pe termen lung pentru creşterea nevoilor de transport rămâne construcţia de noi linii electrice sau ridicarea nivelului de tensiune al celor existente.

Dispozitivele FACTS pot acţiona, de asemenea, pentru îmbunătăţirea rezervelor de stabilitate statică şi tranzitorie, precum şi pentru amortizarea oscilaţiilor de tensiune şi putere ce apar în sistemele electroenergetice [6, 11].

BIBLIOGRAFIE

[1] Persoz, H. *Editorial.* In: Revue E, no.3/4, Bruxelles, Janvier 1995.

[2] Hingorani, N. G. *Flexible AC transmission.* In: IEEE Spectrum, vol. 30, Nr. 4, April 1993.

[3] Poeată, Al., Arie, A. A., Crişan, O., ş.a. *Transportul şi distribuţia energiei electrice.* Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1981.

[4] Trecat, J., Lataire, Ph. *Differentes technologies de FACTS.* In: Revue E, no. 3/4, Bruxelles, Janvier, 1995.

[5] Woodhouse, M.L. *Design of HVDC and SVC thyristor valves.* GEC Alsthom Transmission and Distribution Projects Ltd, 1991.

[6] Le Du, A. *Pour un réseau électrique plus performant: le projet FACTS.* In: RGE, no.6, Juin 1992.

[7] Miller, T.J.E. *Reactive Power Control in Electric Systems.* John Wiley and Sons, 1982.

[8] Kundur, P. *Power System Stability and Control.* EPRI 1994.

[9] *** *Load flow control in high voltage power systems.* CIGRÉ TF 38-01.06, January 1996.

[10] Eremia, M., Radu, C. *Sistemele flexibile în reţelele electrice de transport (FACTS).* In: Producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice şi termice, nr.9, Bucureşti, 1995.

[11] Eremia, M. *Tehnici noi în transportul energiei electrice. Aplicaţii ale electronicii de putere.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1997.

[12] * * * *Controllable Series Capacitors.* ABB Power Systems, CIGRE Expo - 94, Paris.

[13] Gyugyi, L. *Unified power-flow control concept for flexible AC transmission systems.* In: IEEE Proceedings - C, vol. 139, No. 4, July 1993.

[14] Mihalič, R., Zunko, P., Papic, I., Povh, D. *Improvement of transient stability by insertion of FACTS devices.* In: IEEE APT, Sept. 1993.

[15] Mihăileanu, C., Neagu, V., Scarlat, C. *Utilizarea tehnicilor FACTS pentru îmbunătăţirea performanţelor sistemelor electroenergetice.* In: Energetica, nr. 4-B, Bucureşti, 1995.

Referent: prof. dr. ing. Arie A. Arie - Facultatea de Energetică - Universitatea "POLITEHNICA", Bucureşti

(Primit la 17 februarie 1997, acceptat la 17 aprilie 1997)

THE POWER ELECTRONICS REVOLUTION WITH SOME FOCUS ON NEW UTILITY APPLICATIONS IN FACTS AND CUSTOM POWER

Dr. NARAIN G. HINGORANI
Hingorani Power Electronics
Los Altos Hills USA

În cursul ultimilor ani tehnologia Sistemului de Transport la Tensiunea Alternativă (FACTS) a cunoscut un progres constant şi susţinut din punctul de vedere al oportunităţilor, al disponibilităţii instrumentelor de studiu şi al mijloacelor de implementare datorită perfecţionării electronicii de putere. Sunt discutate punctele cheie referitoare la posibilitatea reglajului rapid al circulaţiei de putere activă şi reactivă prin conexiunile sistemului de transport al energiei electrice, fiind totodată prezentate posibilităţile controlerului din categoria FACTS de a îmbunătăţi politica companiilor de electricitate. Se face o trecere în revistă a principalelor controlere.

Autorul prezintă principalele caracteristici ale conceptului de Custom Power sau Power Quality şi impactul acestuia asupra orientării pieţei în viitorul apropiat. Se face, totodată, referire la cele mai des utilizate controlere din categoria Custom Power. Articolul se încheie cu o discuţie referitoare la tendinţele de perfecţionare ale tehnologiilor şi dispozitivelor din categoriile FACTS şi Custom Power, pe baza orientărilor din domeniul electronicii de putere.

In recent years the Flexible AC Transmission System (FACTS) tehnology has experienced a constant and sustained progres in understanding the opportunities, in the availability of study tools and in implementation means due to power electronics development.

Key points on the potential of high speed control with respect to active and reactive power flows on transmission systems connections are discussed and the capabilities of FACTS controllers in improving the operation policy of the utilities are presented. A review of the principal FACTS controllers is included.

The author also presents the main features of the Custom Power or Power Quality concept and its impact in terms of market orientation in the foreseeable future, and includes a presentation of the most frequent Custom Power controllers. Finally a discussion on the development trends in FACTS and Custom Power technologies and devices based on power electronics orientation is presented.

Descriptori: FACTS devices, HVDC, UPFC, TCSC, Custom Power Controlls

1. Power electronics revolution

The power electronics revolution, is happening, activity is picking up, although at a slower pace in the utility industry. Conservative approach is characteristic of the utility industry, but as and where competition is defined and set into motion, the pace is expected to be more rapid.

We have significant power electronics activity in the renewable generation area, i.e. variable speed wind turbines, photo voltaic, fuel cells, and power plant auxiliary systems. Also, storage is expected to be widely used, both batteries and superconducting magnets as these technologies move forward. These applications in general need power electronics in the range of a few kilowatts to a few megawatts.

In the transmission area HVDC is well established. It represents power electronics application in a range of hundreds to thousands of megawatts. Now we have the new technology of Flexible AC Transmission FACTS representing power electronics in the range of a new megawatts to a few hundreds of megawatts.

In the distribution area, an exciting opportunity, which I have called Custom Power, enables utilities to deliver value-added reliable service to its customers. This application represents power electronics in the range of a new tens of kilowatts to a few megawatts.

On the customer side power electronics conversion technology is a fast growing area for a wide range of needs. The fact is that, electricity is an incredible form of energy which can be converted to many different forms to bring about new and enabling technologies of high value. Conversion to pluses and electromagnetic waves

has given us computers and communications. Conversion to microwave gives us microwave ovens, industrial processes and radar. In arc from, we get arc furnaces, welding and so on. Efficient lighting, lasers, visual, sound, robots, medical tools, and of course, variable speed drives and expanding need for de power supplies are among the many other examples. Electricity is an incredible form of energy that enables many new technologies and an increasingly efficient use of raw energy.

2. HVDC or FACTS

It is important to note that HVDC and FACTS are complimentary technologies, and FACTS opens up a new market which was not available to HVDC. Figure 1 explains one use of HVDC, which is to connect systems of different frequencies or frequency controls.

For such an interconnection, FACTS technology would require a 360 degree phase-shifter which would be more expensive. The role of FACTS is within the systems of the same frequency where HVDC, which involves conversion equipment of 200% of throughput power rating, would be too expensive in relation to the benefits except for very long overhead and long submarine cables. In this respect, FACTS opens up a large new market within the ac system at a much lower cost, as shown in this Figure 2.

Also thanks to HVDC technology, implementation of FACTS technology does not represent major challenges.

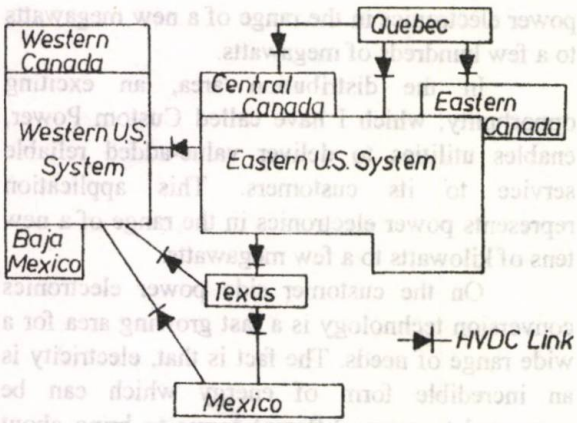
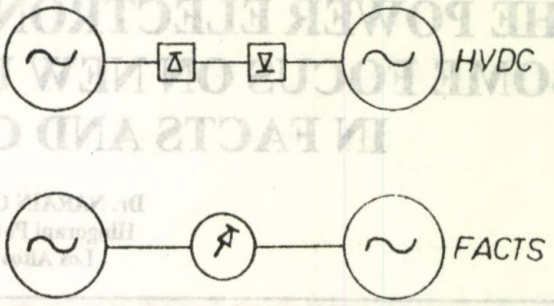


Fig. 1. HVDC Interconnection Opportunities in North America.



Installed Costs (Millions of Dollars)

Throughput MW	HVDC 2 Terminals	FACTS
100 MW	$ 25-30 M	$ 3-5 M
200	40-50	5-10
500	75-100	10-20
1000	120-170	20-30
2000	200-300	30-50

Fig. 2. HVDC and FACTS: complementary solutions.

3. FACTS technology

Since the introduction of this concept by the author, about a decade ago, there has been a definite and sustained progress in understudying the opportunities offered by FACTS, in the availability of study tools and in demonstrations of the power electronics controllers as a positive proof that this technology is real and available. FACTS concept has caught the fascination of industry and the academia, as a new way of managing the next century power systems.

Figure 3 shows a well known fact: the active power increases to a peak with an increase in the angle between two system voltage to 90 degrees, and then falls with further increase angle. Correspondingly, the reactive power increases with an increase in the angle, and reaches a maximum at 180 degrees. It is clear that without high speed control of any of the parameters i.e. voltages, angle and impedance, the transmission line is effectively utilised only to a level well below 90 degrees angle in order to maintain the adequate margin needed for dynamic stability and ensure that the system does not collapse following an outage of the largest generator and/or of a line or load.

With reference to the active and reactive power flows, it is worth noting a few basic aspects of the high speed control:

- Control of reactance X can provide a powerful means of controlling the current flow.

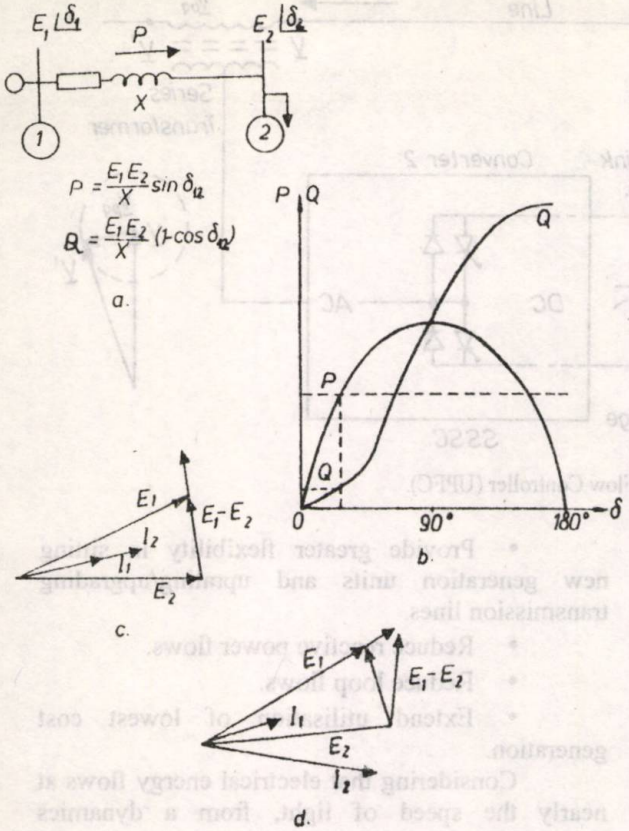


Fig. 3. AC Power Flow Diagrams.

• Control of angle, which in turn controls the driving voltage, can provide a powerful means of controlling the power flow.

• When angle is small, which is often the case, control of X or of the angle substantially provides the control of active power.

• When angle is small, control of the magnitude of either voltage substantially provides the control of reactive power.

• Injecting a voltage in series Figure 4, with the line and perpendicular to the current flow can increase or decrease the magnitude of current flow. Since the current flow lags the driving voltage by 90 degrees, this means that the injection of reactive power in series can provide a powerful means of controlling the line current, and hence the active power, when the angle is small.

• Injecting voltage in series with the line and with any phase angle with respect to the driving voltage, Figure 5, can control the magnitude and phase of the line current. This means that injecting a voltage vector with variable phase angle can provide a powerful means of precisely controlling the active and reactive power flow. This requires injection of both active and reactive power.

• Because the per unit line impedance is usually a small fraction of the line voltage, the MVA rating of a series Controller will only be a small fraction of the throughput line MVA.

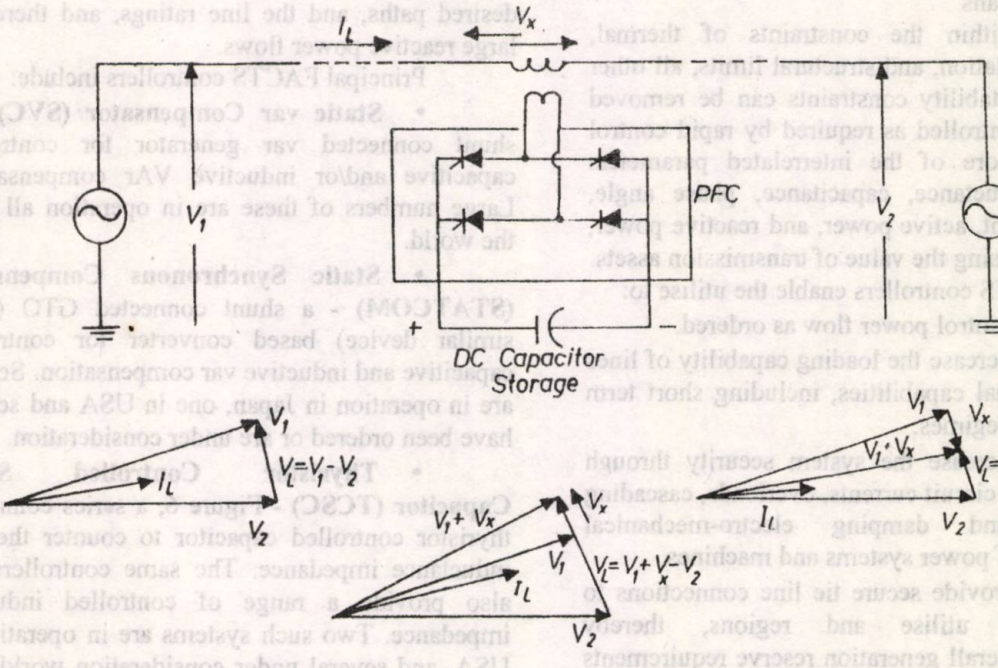


Fig. 4. Static Synchronous Series Compensator.

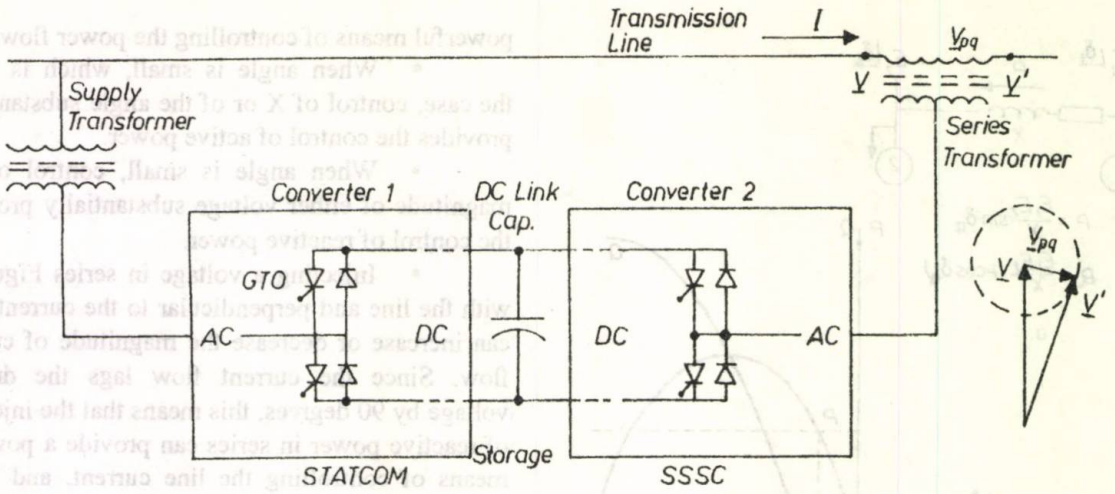


Fig. 5. Unified Power Flow Controller (UPFC).

The above points indicate the means by which the power flow can be influenced by a large variety of mechanical and/or power electronics means. The difference between power electronics and mechanical means is that the power electronics can rapidly, repeatedly and simultaneously respond to both steady state and dynamic optimisation actions. Even more important is the fact that power electronics provides enabling means to design sophisticated controllers to vary parameters and maximise the value of the power systems stability that could not be achieved by mechanical means. Cost considerations could often lead to a combination of the mechanical and power electronics means.

Within the constraints of thermal, electrical insulation, and structural limits, all other loading and stability constraints can be removed and power controlled as required by rapid control of one or more of the interrelated parameters including inductance, capacitance, phase angle, voltage, current, active power, and reactive power, thereby increasing the value of transmission assets.

FACTS controllers enable the utilise to:

- Control power flow as ordered.
- Increase the loading capability of lines to their thermal capabilities, including short term and seasonal regimes.
- Increase the system security through limiting short circuit currents, overloads, cascading blackouts and damping electro-mechanical oscillations of power systems and machines.
- Provide secure tie line connections to neighbouring utilise and regions, thereby decreasing overall generation reserve requirements on both sides.
- Provide greater flexibility in sitting new generation units and uprating/upgrading transmission lines.
- Reduce reactive power flows.
- Reduce loop flows.
- Extend utilisation of lowest cost generation.

Considering that electrical energy flows at nearly the speed of light, from a dynamics perspective this is as good as saying that the conventional AC system is not controlled. This is why the operational limits are usually lower than the true potential of power systems, power flows on individual lines can be inconsistent with the desired paths, and the line ratings, and there are large reactive power flows.

Principal FACTS controllers include:

- **Static var Compensator (SVC)** - a shunt connected var generator for controlled capacitive and/or inductive VAr compensation. Large numbers of these are in operation all over the world.
- **Static Synchronous Compensator (STATCOM)** - a shunt connected GTO (or a similar device) based converter for controlled capacitive and inductive var compensation. Several are in operation in Japan, one in USA and several have been ordered or are under consideration.
- **Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC)** - Figure 6, a series connected thyristor controlled capacitor to counter the line inductance impedance. The same controllers can also provide a range of controlled inductive impedance. Two such systems are in operation in USA, and several under consideration worldwide.

The capacitor may also be switched in stepped units.

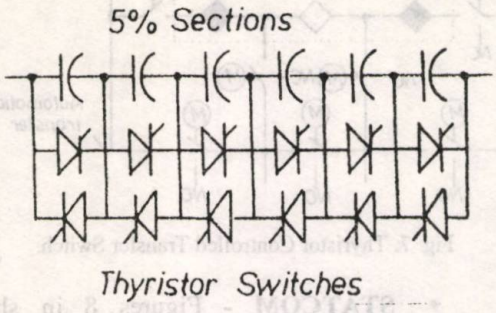


Fig. 6. Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC).

• **Static Synchronous Series Compensation (SSSC)** - Figure 4, a series connected GTO based converter for injecting controlled voltage in series with the line. The injected voltage is in quadrature with the current and hence SSSC need only injected voltage is in quadrate with the current and hence SSSC only need to supply reactive power. None is presently in operation.

• **Unified Power Flow Controller (UPFC)** - Figure 5, a combination of STATCOM and SSSC for injecting a controlled voltage of controlled phase angle in series with the line. The UPFC therefore provides the means of independent control of the active and reactive power, as well as control of line to ground voltage with the STATCOM part. Two UPFCs are in the design stage, one in USA for AEP and one in France for EdF. Completion of these will in effect demonstrate SSSC in operational as well.

• **Thyristor Controlled Voltage Regulator (TCVR)** - is similar to a tap changer used for increasing or decreasing the voltage. When the angle is small, TCVR can be used to control reactive power flow. Several are under consideration.

• **Thyristor Controlled Phase Angle Regulator (TCPR)** - none in operation or ordered.

• **Thyristor Controlled Braking Resistor (TCBR)** - one is in design stage for Mozambique.

• **Thyristor Controlled Voltage Limited (TCVL)** - none in operation or ordered.

• **Others.**

It is also worth noting that storage means such as a DC capacitor, battery or superconducting magnet can be connected by STATCOM, SSSC and UPFC, thus obtaining a further enhancing of the capabilities of these controllers. Storage represents dynamic addition or subtraction of energy and can be much more effective than controllers of the same size but without storage. Given a large array of options with overlapping attributes, it is easy to understand that the planners and engineers have an interesting challenge ahead.

4. Custom Power or Power Quality

Custom Power is a concept based on the use of power electronics controllers in the distribution systems for the electric utilities to supply value-added reliable and high quality power to their customers. In fact, many utilities in the US are already providing or are in various stages of evolution in providing such services, either as regulated entities or through their unregulated subsidiaries. Other countries active in this area are France, Japan and perhaps others, although the need exists in all parts of the world. In most cases at present, the customers are left to fix their own problems beyond the "traditional" supply, with or without utility's involvement, under the term "Power Quality".

There are varied definitions of the term Power Quality, starting primarily from harmonic and earth current problems, later extending to the issue of reliability in terms of voltage drops and interruptions.

The term Custom Power primarily addresses to the issue of reliability in terms of voltage drops and interruptions, extending to the issues of harmonics and voltage balance. There are a number of reasons for the choice of Custom Power concept for many customers and, on the long-term basis, for most customers. These reasons are:

• The choice of reliable power, as well as that of ensuring reasonable levels of harmonics and voltage balance has always been the business of utilities and should remain so. From the early days of electric power supply, the utilities over time have evolved the concept of reliability, as the needs changed from just the lighting loads, to motors and increasing automation, large power plants, pooling of customers, regional interconnections etc. The concept of an outage time of a few cumulative hours per year as being an extremely reliable supply is no longer valid for an increased number of customers, industrial and commercial in particular. With the new age of automation, computers, drives, and robotics, a new

concept of reliability must be developed. The number of outages, and voltage drops, and their duration is much more important than the cumulative outage time per year. Hypothetically, if one cumulative hour is made up of 3600 one-second outages, it is much worse than one outage of one hour.

• Most of the voltage drops and interruptions result from events that involve the utility system. These include faults on distribution feeders, effects of faults on customers feeders and transformers affecting other customers via the utility systems, faults on transmission lines, switching of capacitors, transformers, lines etc.

• In general, the total cost of solutions that involve utilities own systems would be much lower than the cost of solutions applied by individual customers.

• Migration to the Custom Power concept of reliability is inevitable. The reason why it has taken so long is that these problems were initially perceived to be related to EMI and ground potential rise in microelectronics etc., instead of the underlying issue of the changing concept of reliability. Also, in general, the investment climate for value-added services by utilities did not exist.

5. Custom Power Controlles

As for FACTS, there are several similar controllers suitable for Custom Power, however the priorities are different. Also because the sizes are smaller in rating than the FACTS Controllers, their designs tend to be different, taking into consideration the cost, losses and performance requirements.

Custom Power Controllers include the following:

• **Thyristor Controlled Transfer Switch** - Figure 7 the load is connected to two feeders with two transfer switches, one open and the other closed. The load is transferred through the commutation process to the feeder when relatively lower voltage is detected in the first feeder. This is accomplished in less than 4 ms including the sensing time. Recent demonstration by Baltimore Gas and Electric of a medium voltage transfer system by Silicon Power Networks was a great success, and several more units have since been ordered/delivered. Such a system has been referred to as a low cost UPS.

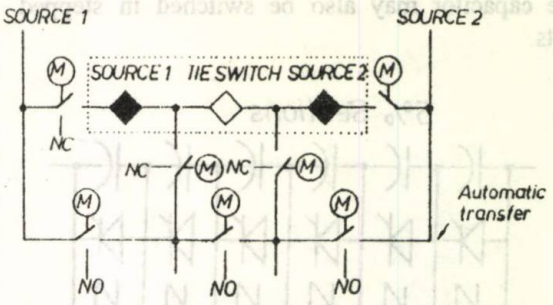


Fig. 7. Thyristor Controlled Transfer Switch.

• **STATCOM** - Figures 8 in shunt connection provides voltage support and active filtering of harmonics and balance the voltages and currents at the supply bus, and if energy storage is also provided, it can also support the load for certain period of line outage and voltage drops. Several applications are under consideration.

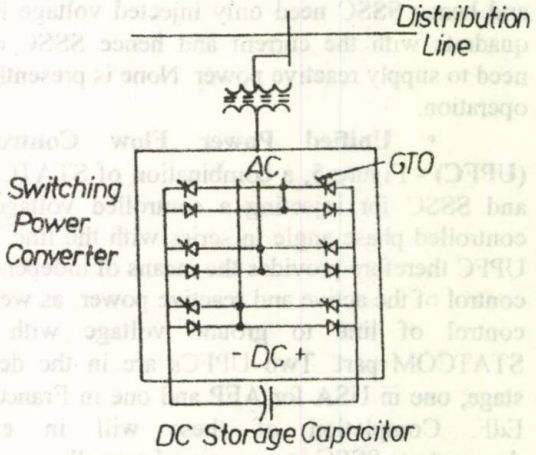


Fig. 8. STATCOM (± 100 MVA at TVA's Sullivan Substation - EPRI Sponsored).

• **Solid State Breaker (SSB)** - can be used in a variety of bus transfer arrangements. It can also be used in conjunction with a STATCOM, to isolate the utility feeder during a fault upstream or in another customer feeder. With a parallel inductor, an SSB can also be used as a Solid State Current Limited.

• **Dynamic Voltage Restorer (DVR)** - this is a series connected STATCOM with storage, designed to inject voltage in series with the feeder in order to maintain the required voltage on the customer side. It also serves as an active filter. One DVR has been supplied by Westinghouse to Duke Power, and several are under consideration. Since

95% of the voltage drops are less than 20% in magnitude, DVR designed to inject upto 25% voltage may be a good economical choice.

- **Active Filter** - this can be the same as STATCOM, specifically designed as a filter with limited capability to support the voltage. However if only filtering is need, then are alternate designs that could be more economical.
- **Static var Compensator** - many are already in operation primarily to support an industrial load at the end of a long line, and also to protect other customers from a highly variable load.
- **Thyristor Controlled Series Capacitor**
- **Thyristor Controlled Voltage Regulator**
- **Others.**

6. Devices and converters

Experts involved in HVDC have confined their choice to 12 - pulse current - driven thyristor - based converters, whereas experts involved in industrial power supplies have generally confined their choice to voltage driven converters. FACTS and Custom Power technologies open up the possibilities of convergence of the two technologies and there is a need for a new look at the choices, as the device and converter technology is further advanced.

It is important to note that to act as an active filter a converter, must be designed either as high-phase-order, PWM, multistep converter, or as a combination of these features. PWM mode allows the opportunity for a high enough frequency for rapid response and effective filtering. GTOs however have high switching losses which limit the PWM frequency to no more than a few hundred Hz. For higher frequencies, IGBTs which have relatively low switching losses, are widely used. However IGBTs have a relatively high forward drop. Recently, MOS Controlled Thyristors (MCTs) and MOS Turn-Off Thyristors (MTOs) have been introduced offering a promise of both the high frequency and lower losses.

Ideally soft - switching converters offer the best opportunity for the future. In such converters, device is switched off during zero voltage, or turned on during zero current, or both. Such converters offer the possibility of low losses, high frequency operation for effective filtering with an 1 ms response, compact design, and low audible noise.

7. Concluding comments

Considering the opportunities in power electronics, I believe that we are in an early stage of the revolution, and there is a bright future ahead for those involved. Potentially, there is a significant commonality and synergism between the different areas of applications including generation, transmission, distribution, and end use. I would like to recommend that individuals should not confine themselves to one narrow application area. I realise that our institutions and infrastructure tend to separate us into one area or another, however I urge that we won't let that narrow focus affect our personal involvement in power electronics on a wider basis.

Referent: prof. dr. ing. Nicolae Golovanov - Facultatea de Energetică, Universitatea "POLITEHNICA" Bucureşti

(Primit la 20 ianuarie , acceptat la 12 mai 1997)

AN ASPECT OF COMPARISON OF THE PARALLEL AND SERIES COMPENSATION EFFECTIVENESS ON TRANSIENT STABILITY ENHANCEMENT

UN ASPECT AL COMPARAŢIEI EFICACITĂŢII COMPENSĂRII var PARALEL ŞI SERIE, ASUPRA ÎMBUNĂTĂŢIRII STABILITĂŢII TRANZITORII

Prof. dr. R. MIHALIČ
Faculty of Electrical Engineering and Computer Science,
61000 Ljubljana, Slovenia

În acest articol este discutat un aspect al comparării între compensarea serie şi paralel pentru creşterea stabilităţii tranzitorii după un defect major.

In this paper an aspect of direct comparison betwen series and parallel compensation on transient stability after the majors fault is described.

Descriptori: controlul circulaţiilor de putere, compensarea liniei, compensarea serie, compensatoare statice var, FACTS, transportul în c.a., stabilitate tranzitorie

Introduction

A transmission power limiting factor, in parts of the AC system where large amounts of power are transmitted over long distance, is often the problem of transient stability after the major fault. In some cases it can be considerably lower compared to other transmission power limiting factors. Series and parallel compensation offer effective solution of this problem. Sometimes quick comparison of both alternatives has to be carried out. In the paper an aspect of direct comparison between various possibilities is described.

1. Influence of series and parallel compensation on transient stability

Transient stability denotes the ability of the transmission system to remain in synchronism after the major fault. In such cases the equilibrium between real power generation and consumption is

Introducere

Stabilitatea tranzitorie după un defect major este unul din factorii care conduc la limitarea transformatorului de putere între zonele unui sistem electroenergetic în care sunt transmise contităţi mari de energie la distanţe mari. În anumite cazuri acest factor poate fi considerat mult mai puţin important comparativ cu alţii. Compensarea serie şi paralel oferă soluţii eficiente pentru problema stabilităţii tranzitorii. Uneori trebuie realizate comparaţii rapide între aceste două alternative. În acest aticol este discutat un aspect al comparării directe între diferitele posibilităţi.

1. Influenţa compensării serie şi paralel asupra stabilităţii tranzitorii

Stabilitatea tranzitorie reprezintă capacitatea sistemului de transport de a rămâne în sincronism după un defect major. În astfel de

(seriously) disturbed. The power difference accelerates certain rotating masses (generator rotors). Whether the system will stay in synchronism or not depends on many factors. But this can be reduced to one basic problem: is the system able to lead away the energy excess accumulated in rotating masses quickly enough?

The problem of transient stability is illustrated by the two machine system connected by lossless line. The electrically (dense) system (fig. 1a) can be approximated by equivalent generator (fig. 1b). Its parameters can be determined by identification procedures.

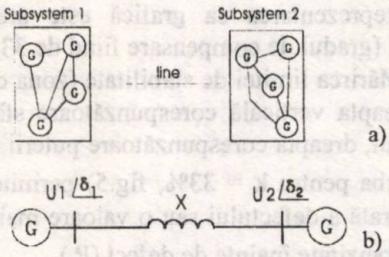


Fig. 1. System representation by equivalent generators.
Reprezentarea sistemului prin generatoare.

The transient stability criterion is represented by well known equal area criterion. The transmitted real power between the generators (according to fig. 1b) is expressed by equation (1).

$$P = \frac{U_1 . U_2}{X} . \sin \delta = P_{max} . \sin \delta ; \quad \delta = \delta_1 - \delta_2 \quad (1)$$

The maximum transmittable real power Pmax is represented by the maximum of transmission characteristic (P(δ) characteristic fig. 2). It is located (according to the system in fig. 1a) by the transmission angle δ=90°.

During the fault (let turbine power P_t be constant and generator real power during the fault equal to 0) the energy provided by turbine accelerates the generator rotor and the operating point moves from "A" to "B" (fig. 2). As transmission angle d reaches the point "B" the fault is cleared. The point "C" is a criterion of momentary electrical power provided by generator. If the accelerating energy accumulated in rotating masses (proportional to the area "A1") is greater than stability margin (proportional to the area "A2") the system will lose synchronism. To avoid it, stability margin should be enhanced. The basic principles of the influence of series and parallel compensation on stability margin will be discussed in the next sections.

situaţii, echilibrul între puterea activă produsă şi consum este serios deteriorat. Diferenţa de putere accelerează anumite mase aflate în rotaţie (rotoarele generatoarelor). Menţinerea sau pierderea sincronismului depinde de mulţi factori. Aceasta se poate reduce la următoarea problemă de bază: este sistemul capabil să elibereze suficient de repede surplusul de energie acumulată în masele rotoarelor ?

Problema stabilităţii tranzitorii este ilustrată de două generatoare cuplate printr-o linie fără pierderi. Sistemele energetice complexe (fig. 1*a*) pot fi aproximate prin generatoare echivalente (fig.1*b*). Parametrii generatorului echivalent pot fi determinaţi prin proceduri de identificare.

Criteriul stabilităţii tranzitorii este reprezentat prin binecunoscutul criteriu al egalităţii ariilor. Puterea activă tranzitată între cele două generatoare (conform fig.1*b*) este exprimată de relaţia (1).

$$P = \frac{U_1 . U_2}{X} . \sin \delta = P_{max} . \sin \delta ; \quad \delta = \delta_1 - \delta_2 \quad (1)$$

Puterea maximă transmisibilă este reprezentată de maximul caracteristicii de transfer (caracteristica P(δ), fig.2.). Această valoare maximă corespunde (pentru sistemul din fig.1*a*) unghiului de transfer δ = 90°. În timpul defectului (fie puterea turbinei P_t constantă şi puterea activă a generatorului egală cu 0 în timpul defectului), energia furnizată de turbină accelerează rotorul generatorului şi punctul de funcţionare se mută din "A" în "B" (fig.2). Când unghiul de transfer atinge punctul "B" defectul este eliminat. Punctul "C" reprezintă un criteriu al puterii momentane livrate de generator. Dacă energia de accelerare acumulată în masa rotorului (proporţională cu aria A1) este mai mare decât marja de stabilitate (proporţională cu aria A2) sistemul îşi pierde sincronismul. Pentru a evita acest lucru, trebuie îmbunătăţită marja de stabilitate. În capitolul următor vom discuta principiile influenţării limitei de stabilitate prin compensarea var serie şi paralel.

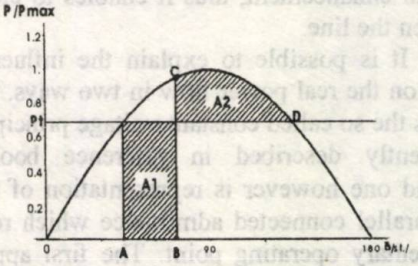


Fig. 2. P(δ) characteristic of transmission system.
Caracteristica P(δ) a sistemului de transfer.

1.1. Series (SC) and controllable (CSC) series compensation

The influence SC and CSC on transient stability margin is basically the same. The difference between them is that CSC enables damping of so called following swings (swings that follow the 1st swing) in contrary to SC which does not. The reactance of the compensated line "XL" is lowered by factor (1-K), (K being the compensation degree). The P(d) characteristic of the series compensated system (shown in fig. 3) is described by equation (2).

$$P_{SC} = \frac{U_1 . U_2}{X_L} . \sin\delta = \frac{U_1 . U_2}{X.(1-K)} . \sin\delta . \quad (2)$$

Its graphical representation is shown in the fig. 5 (compensation degree K being 33%).

The enhancement of stability margin (the region between the vertical line denoting end of fault, line denoting turbine power P_t and the curve "K=33%" - fig. 5) enables longer fault duration or higher pre-fault transmitted power (P_t).

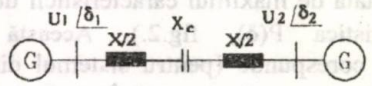


Fig. 3. Series compensated system.
Sistemul compensat serie.

In order to make the comparison between series and parallel compensation with reference to the transient stability margin enhancement possible, the CSC is activated after the fault. So the control of parallel and series compensation during the 1st swing is basically the same.

1.2. Static var Compensator (SVC)

General scheme of the two machine system with SVC included is shown in fig. 4. SVC is represented by controllable admittance. Only its capacitive operating area is important for stability margin enhancement, thus it enables to electrically shorten the line.

It is possible to explain the influence of a SVC on the real power flow in two ways. The first one is the so called constant voltage principle (most frequently described in reference books), the second one however is representation of the SVC by parallel connected admittance which represents momentary operating point. The first approach is applied to voltage control. By solving transient stability problem the maximal damping effect is

1.1. Compensarea serie (SC) şi compensarea serie controlată (CSC)

Influenţa SC şi CSC asupra marjei de stabilitate este aceeaşi. Diferenţa între ele este că CSC permite amortizarea aşa-numitelor oscilaţii următoare (oscilaţii care urmează primei oscilaţii), ceea ce SC nu poate realiza. Reactanţa liniei compensate "XL" este redusă cu un factor (1-k), (k fiind gradul de compensare). Caracteristica P(δ) a sistemului compensat serie (fig.3) este descrisă de relaţia (2).

$$P_{SC} = \frac{U_1 . U_2}{X_L} . \sin\delta = \frac{U_1 . U_2}{X.(1-K)} . \sin\delta . \quad (2)$$

Reprezentarea sa grafică este arătată în figura 5 (gradul de compensare fiind de 33 %).

Mărirea limitei de stabilitate (zona cuprinsă între dreapta verticală corespunzătoare sfârşitului defectului, dreapta corespunzătoare puterii turbinei P_t şi curba pentru k = 33%, fig.5) permite o mai mare durată a defectului sau o valoare mai mare a valorii tranzitate înainte de defect (P_t).

Pentru a face o comparaţie între compensarea serie şi paralel din punctul de vedere al posibilităţilor de îmbunătăţire a limitei de stabilitate, după defect este activat CSC. În acest mod acţiunea compensării paralel şi serie în timpul primei oscilaţii este practic aceeaşi.

1.2. Compensarea var statică (SVC)

Schema generală a două maşini cu SVC inclusă este prezentată în figura 4. SVC este reprezentată printr-o admitanţă controlabilă. Atâta doar că zona sa de funcţionare capacitivă este importantă pentru îmbunătăţirea limitei de stabilitate, permiţând scurtarea lungimii electrice a liniei .

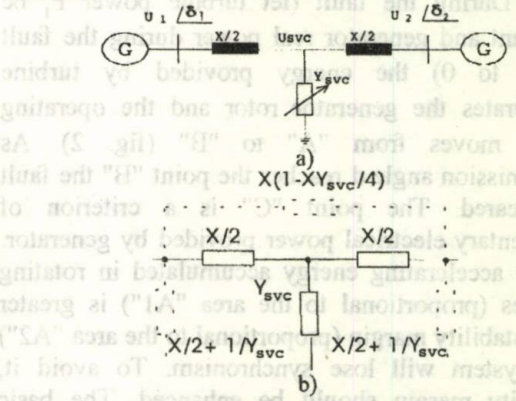


Fig. 4. a) SVC compensated system; b) impedance scheme of the network.
a) Sistemul compensat SVC; b) Schema de impedanţe a reţelei.

achieved by immediate shift on the capacitive limit. Thus SVC acts as parallel connected condenser. If the system impedance scheme is transformed by "Y - D" transformation (fig. 4b), it is easy to determine the P(d) characteristic which is described by equation (3) (PSVC being real power transmitted by the line in the system showed in the picture 4a).

$$P_{SVC} = \frac{U_1 . U_2}{X(1 - \frac{XY_{SVC}}{4})} \sin(\delta). \qquad (3)$$

The effect on the longitudinal component of the P section is in this case the same as the one by series compensation with the compensation degree

$$K = \frac{X . Y_{SVC}}{4}.$$

The P(δ) characteristics reduced to the maximal transmittable power P_{max} for different operating points are shown in fig. 5. Because of the costs, the SVC are not dimensioned as to provide constant voltage over the whole region of 180o (it would electrically shorten the line by half; the necessary rated SVC power would be 4 P_{max}). By certain δ the principle of constant voltage can not be applied any more and SVC acts as a condenser (SVC capacitive limit).

According to the equal area criterion the stability margin by constant voltage approach is proportional to the area between "P_t" level, vertical line denoting fault clearing, "constant voltage" curve and a SVC capacitive limit curve. By the "immediate capacitive limit" strategy the stability margin is extended for area "A3" compared to "constant voltage" approach.

Damping strategy:

Strategy during the 1st swing equals that of the following swings. The controller input signal is the frequency difference Δf between the generating units. If Df is bigger the control almost acts in the "Bang-Bang" manner (during the accelerating period of generator SVC, is on the capacitive limit, during the decelerating period however on inductive limit). By small frequency differences controller output is proportional to Δf^2. Thus the stability of control and an effective damping is achieved.

Se poate explica influenţa SVC asupra circulaţiei de putere reactivă în două moduri. Primul, este aşa-numitul, principiu al tensiunilor constante (folosit în cele mai recente referinţe bibliografice), al doilea este, totuşi, reprezentarea SVC prin admitanţe conectate în paralel, care reprezintă punctul momentan de funcţionare. Prima abordare este aplicată controlului tensiunii. Prin rezolvarea problemei stabilităţii tranzitorii efectul maxim de amortizare este realizat prin saltul la limita capacitivă. Astfel SVC acţionează ca un condensator în paralel. Dacă transformăm schema impedanţelor prin transformatoare Y-Δ (fig.4*b*), este uşor să se determine caracteristica *P* (δ), descrisă de relaţia (3). (P_{SVC} fiind puterea activă transferată prin linie în sistemul prezentat în figura 4*a*).

$$P_{SVC} = \frac{U_1 . U_2}{X(1 - \frac{XY_{SVC}}{4})} \sin(\delta). \qquad (3)$$

Efectul asupra componenţei longitudinale a schemei în Π este în acest caz acelaşi ca şi o compensare serie cu următorul grad de compensare:

$$K = \frac{X . Y_{SVC}}{4}.$$

Caracteristicile P(δ) raportate la puterea maximă transferabilă P_{max} pentru diferite puncte de exploatare sunt prezentate în figura 5. Datorită costurilor mari, SVC nu este dimensionat pentru a asigura tensiunea constantă pe toată zona de 180° (în acest caz s-ar reduce lungimea liniei la jumătate, iar puterea nominală a SVC ar fi 4 P_{max}). Pentru anumite δ principiul tensiunii constante nu mai poate fi aplicat şi SVC acţionează ca un condensator (SVC limita capacitivă).

Corespunzător criteriului egalităţii ariilor limita de stabilitate în cazul abordării pe principiul tensiunii constante este proporţională cu aria cuprinsă între dreapta ce indică nivelul P_t, verticala ce marchează eliminarea defectului, curba "tensiune constantă" şi curba limită a capacităţii SVC. Prin strategia "limitei capacitive imediate" limita de stabilitate este extinsă pentru zona A3 comparativ cu metoda "tensiune constantă".

Strategia de amortizare

Strategia în timpul primei oscilaţii este echivalentă cu cea a oscilaţiilor următoare. Semnalul de intrare al sistemului de reglare este

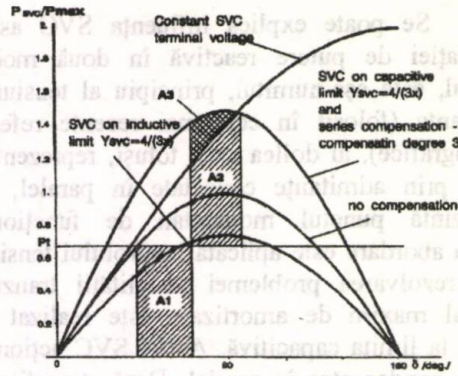


Fig.5. P(δ) characteristic of the compensated system.
Caracteristica P(δ) pentru sistemul compensat.

2. Direct comparison of the parallel and series compensation impact on the stability margin enhancement

The basic idea was discussed in the previous text and consists of searching for equivalent schemes. It is always possible to transform the passive part of the electrical system between two sources into the equivalent "T" or "P" section. The effect of the parallel compensation will nearly be equal that of the series compensation if during the 1st swing the reduction of the longitudinal component of the equivalent P section is equal in both cases (the enhancement of the stability margin is equal).

When formulating the problem the resistances were neglected, the equivalent P section terminal voltages are supposed to be constant (so the parallel impedances of equivalent P section have no impact on the network power flow). Thus the interdependence between the admittance Y_{SVC} (SVC capacitive limit) and the reactance X_{SC} (series compensation reactance) is searched for so that the longitudinal components of the schemes 6a and 6b are equivalent (i. e. $X_T = X_n - X_{SC}$). The condition is fulfilled if:

$$Y_{SVC} = \frac{X_1 + X_2 + X_{SC} - X_n}{X_1 . X_2} - Y \quad . \qquad (4)$$

Thus SVC rated reactive power is equal to:

$$Q_{SVC} = U^2 . Y_{SVC} = U^2 . \left(\frac{X_1 + X_2 + X_{SC} - X_n}{X_1 . X_2} - Y \right) . \qquad (5)$$

The concept was tested on the test system (cf. section 4). The equivalent P section was carried out on the basis of the system configuration after the fault. The generator was represented by its

Δf între cele două generatoare. Dacă Δf este mai mare controlul acţionează aproape în maniera "Bang-Bang" (în timpul perioadei de accelerare a generatorului, SVC este la limita sa capacitivă, în timpul perioadei de frânare este la limita sa inductivă). Pentru diferenţe mici ale frecvenţei ieşirea regulatorului este proporţională cu Δf^2. Astfel, se obţine stabilitatea controlului şi se realizează o amortizare eficientă.

2. Comparaţie directă privind efectul compensării serie şi paralel asupra îmbunătăţirii limitei de stabilitate

Ideea de bază a fost discutată mai sus şi constă în căutarea unor scheme echivalente. Există întotdeauna posibilitatea transformării părţii pasive a unui sistem electroenergetic în scheme echivalente T sau Π. Efectul compensării paralele va fi aproape egal cu cel al compensării scric, dacă în timpul primei oscilaţii reducerea componentei longitudinale a schemei echivalente Π este aceeaşi în ambele cazuri (ameliorarea limitei de stabilitate este aceeaşi).

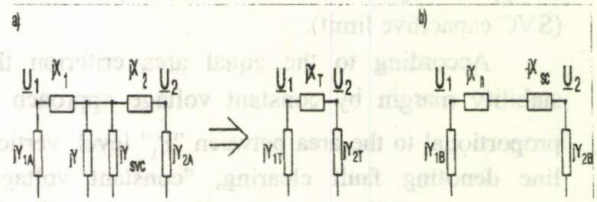


Fig. 6. Equivalent schemes of the transmission system .
a) Parallel compensated system; b) Series compensated system
Scheme echivalente ale sistemului de transport:
a) sistem compensat paralel; b) sistem compensat serie.

La formularea problemei rezistenţele au fost neglijate, tensiunile terminale ale schemei Π sunt presupuse constante (astfel impedanţele paralele ale schemei în Π nu influenţează asupra circulaţiei în reţea). Astfel interdependenţa între admitanţa Y (limita capacitivă a SVC) şi reactanţa X_{SC} (compensarea serie) este determinată astfel încât componentele longitudinale ale schemei *6a* şi *6b* sunt echivalente (adică $X_T = X_n - X_{SC}$). Condiţia este îndeplinită când:

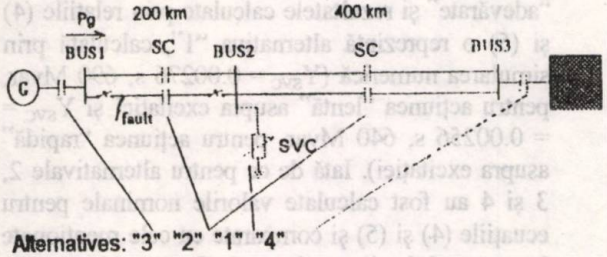
$$Y_{SVC} = \frac{X_1 + X_2 + X_{SC} - X_n}{X_1 . X_2} - Y \quad . \qquad (4)$$

transient reactance. The main field of the generator was supposed to be constant during the 1st swing so the "constant P section terminal voltage" demand was fulfilled too. Controllable elements were represented by their impedances while operating at their capacitive limits.

3. Test system and simulation

Modelling and a digital simulation of the test system behavior after the major fault are modeled by the program system NETOMAC. The test system and its parameters are shown in fig. 7. Transmitted pre fault real power (P_g - cf. fig. 7) is equal to 1350 MW (90% of generator rated power). The lines are modeled as serial connected P sections (1 section per 100 km). The generator is modeled in detail as well as the excitation control. The turbine and governor are modeled simplified - constant turbine power PT. The 2 sets each consisting of 4 alternatives were computed. The 1st set was computed with the "slow" acting excitation control, the 2nd one with "fast" acting excitation control. The 4 alternatives are:

1) Parallel compensation (SVC) on "BUS2",
2) Series compensation in each of the transmission lines,
3) Series compensation between the generator and "BUS1", and
4) Series compensation between the stiff system and "BUS3".



Generator:
Pn=1500 MVA
Ta=8s
Td'=0.034s
Td''=2s
Tq''=0.041s
xd''=.182 P.U.
xd'=.270 P.U.
xd=1.47 P.U.
xq''=.211 P.U.
xq'=.636 P.U.
xq=xd

Lines:
r=0.03 /km
x=0.33 /km
c=12 nF/km

System:
Un=500 kV
f=60 Hz
Pg=1350 M

Fig. 7. Test system
Sistemul test.

Astfel puterea nominală reactivă a SVC este egală cu:

$$Q_{SVC} = U^2 . Y_{SVC} = U^2 . \left(\frac{X_1 + X_2 + X_{SC} - X_n}{X_1 . X_2} - Y \right) \quad (5)$$

Conceptul a fost testat pe un sistem test (pct.4). Schema echivalentă Π a fost realizată pe baza configuraţiei după defect. Generatorul a fost reprezentat prin reactanţa sa tranzitorie.

Curentul de exitaţie principal al generatorului s-a presupus constant pe durata primei oscilaţii, astfel încât a fost îndeplinită şi cerinţa "tensiune constantă la capetele schemei ".

Elementele reglabile au fost reprezentate prin impedanţele lor, când ating limitele de funcţionare în capacitiv.

3. Sistemul test şi simularea

Modelarea şi simularea numerică a comportării sistemului după defecte majore este realizată cu programul de sistem NETOMAC. Parametrii sistemului test sunt prezentaţi în figura 7. Puterea activă transmisă înainte de defect (P_g- fig. 7) este egală cu 1350 MW (90% din puterea nominală a generatorului). Liniile sunt modelate prin cuadripoli înseriaţi (lungimea unei secţiuni este de 100 km). Generatorul este modelat în detaliu, ca şi regulatorul de excitaţie. Turbina şi regulatorul de viteză sunt modelate simplificat - puterea turbinei P_T este constantă. Au fost calculate câte două seturi de constante din patru alternative. Primul set a fost calculat presupunând acţiune "lentă" a regulatorului de excitaţie, respectiv al doilea cu acţiune "rapidă" a regulatorului. Cele patru alternative sunt:

1) compensarea paralelă (SVC) pe sistemul de bare 2 ("BUS2");
2) compensarea serie între generator şi sistemul de bare 1 ("BUS1");
3) compensarea serie pe fiecare linie;
4) compensarea serie între sistemul 3 de bare şi zona rigidă.

Perturbaţia aplicată în sistemul test este un defect trifazat în vecinătatea sistemului de bare 1 (BUS 1) (fig.7) şi declanşarea unei linii. Durata maximă a defectului pentru care sistemul îşi

The disturbance in the test system is the three phase fault in the vicinity of the BUS1 (cf. fig. 7) and the disconnection of the line. The maximal fault duration times at which the system maintains the synchronism is 68 ms ("slow" acting excitation control) and 75 ms ("fast" acting excitation control) respectively.

4. Results

The aim of computation was to find the minimal dimensions of the series and parallel compensation for all cases described in section 3, which maintain synchronism after the three phase fault in duration of 100 ms. The "true" results computed by the digital simulation are compared to the results calculated by the equations (4) and (5). The "true" values of the equivalent schemes (cf. fig. 6) are presented in the table 1. The comparison of the results achieved by the different methods are presented in the table 2.

menţine sincronismul (în cazul acţiunii "lente" a regulatorului de excitaţie) este de 68 ms şi de 75 ms (în cazul acţiunii "rapide" a regulatorului de excitaţie).

4. Rezultate

Scopul calculelor a fost stabilirea dimensiunilor minime ale compensării pentru toate cazurile descrise la pct.3, care asigură menţinerea sincronismului după un defect trifazic cu durata de 100 ms. Rezultatele "adevărate", obţinute în urma calculelor bazate pe simulare numerică, sunt comparate cu rezultatele obţinute prin rezolvarea relaţiilor (4) şi (5). Valorile "adevărate" ale schemelor echivalente (fig.6) sunt prezentate în tabelul 1. Comparaţia între rezultatele obţinute prin diferitele metode este prezentată în tabelul 2

Table 1

The elements of equivalent scheme achieved by digital simulation ("true values")
Elementele schemelor echivalente obţinute prin simulare numerică
("valori adevărate")

Alternatives:	"Slow" acting excitation				"Fast" acting excitation			
	X_1 [Ω]	X_2 [Ω]	Y_{svc}[S]	Y [S]	X_1 [Ω]	X_2 [Ω]	Y_{svc}[S]	Y [S]
1	109.3	63.6	.00276	.00246	109.3	63.6	.00256	.00246
	X_n [Ω]		X_{sc} [Ω]		X_n [Ω]		X_{sc} [Ω]	
2	155.8		18.53		155.8		17.74	
3	155.8		18.41		155.8		17.23	
4	155.8		17.80		155.8		15.90	

The basis for comparison between "true" results and the results calculated by equations (4) and (5) is the alternative "1" computed by digital simulation (Ysvc= 0.00276 S, 690 MVAr for "slow" acting excitation and Ysvc= 0.00256, 640 MVAr for "fast" acting excitation). Therefore for alternatives "2", "3" and "4" the equivalent SVC rating was calculated by solving equations (4) and (5) and compared with above mentioned basis. The error occuring between methods was also calculated.

Baza pentru comparaţia între rezultatele "adevărate" şi rezultatele calculate prin relaţiile (4) şi (5) o reprezintă alternativa "1", calculată prin simularea numerică (Y_{SVC} = 0.00276 s, 690 Mvar, pentru acţiunea "lentă" asupra excitaţici şi Y_{SVC} = = 0.00256 s, 640 Mvar, pentru acţiunea "rapidă" asupra excitaţiei). Iată de ce pentru alternativale 2, 3 şi 4 au fost calculate valorile nominale pentru ecuaţiile (4) şi (5) şi comparate cu cele menţionate în exemplul de mai sus. Este evaluată, de asemenea, eroarea ce apare între cele două metode.

Table 2

Calculated values (equation (4) and (5)) and error occuring between the methods
Valorile calculate (4) şi (5) şi erorile ce apar între metode

Alternatives:	"Slow acting excitation"			"Fast acting excitation"		
	Calculation		Error	Calculation		Error
	Y_{svc}[S]	Q_{svc}[S]	[%]	Y_{svc}[S]	Q_{svc}[S]	[%]
2	.002666	666.4	3.4	.002552	638.9	0.2
3	.002648	662.1	4.0	.002479	619.6	3.2
4	.002561	640.1	7.2	.002287	571.8	10.8

As presented in the table 2 the difference between the methods varies from ca. 0 to ca. 10% . Using the method based on the equivalcnt schemes (equations (4) and (5)) the following simplifications were considered:

- resistances are neglected,
- the generator is represented as its transient reactance,
- the voltage on the terminals of the equivalent schemes is considered as a constant value.

The method with equivalent schemes is suitable for fast evaluation. The results are (according to the above mentioned simplifications) quite acceptable.

REFERENCES

[1] Mihalič, R., Povh, D. *Aspect of Comparison Between the Series and Parallel Transmission* Linc Compensation, ERK - 93, Portoroă, Slovenia, 1992 (in Slovenian);

[2] Povh, D., Mihalič, R. *Enhancenment of Transient Stability on AC Transmission by Means of Controlled Series and Parallel Compensation*, Fifth international IEE Conference on AC and DC Power Transmission, London September 1991;

Aşa cum sunt prezentate în tabelul 2 diferenţele între metode variază de la zero la circa 10%. Folosind această metodă bazată pe scheme echivalente (ecuaţiile (4) şi (5)) au fost considerate următoarele simplificări:

- s-au neglijat rezistenţele,
- generatorul este reprezentat prin reactanţa sa tranzitorie,
- tensiunile la capetele schemelor echivalente sunt considerate constante.

Metoda cu scheme echivalente este preferabilă pentru evaluare rapidă. Rezultatele sunt acceptabile în ipotezele simplificatoare menţionate anterior.

[3] CIGRE *Working Group 38-01 Task Force No. 2 on SVC: Static Var Compensators*, International Conference on Large High Voltage Electric Sysytems, Paris 1986;

[4] Vithayathil, J.J., Taylor, C., Goldsworthy, D., Reitman, T., Powel, W., Hauer, J., Matheson, D., Keenan, G., Olavarria, E. *Rapid Adjustment of Network Impedance*, Division of System Engineering Bonneville Power Administration, Report, June 5. 1986

Referent: ing. Cornel Aldea, Centrul de Cercetare, GCSI

Traducere: ing. Gheorghe Indre - RENEL

(Primit la 20 ianuarie, acceptat la 12 mai 1997)

LIBERALIZAREA, DEREGLEMENTAREA, DEZINTEGRAREA INSTITUŢIONALĂ NU AFECTEAZĂ FIABILITATEA SISTEMELOR ELECTRICE ? ROLUL FACTS

dr. ing. CĂLIN MIHĂILEANU
Profesor asociat UPB

Chiar dacă se simte în deceniul în curs, în mod manifest, o tendinţă reformatoare în plină expansiune a industriei energiei electrice, cotroversa este departe de se fi încheiat. Unul dintre argumentele cele mai des folosite de contestatari este pericolul potenţial al unei reduceri a fiabilităţii de ansamblu a sistemelor electrice în care au loc transformări. Se exprimă temerea că sistemele electrice, lăsate în voia legilor competiţiei de piaţă, vor deveni nesigure. În faţa riscului crescut de reducere a securităţii sistemelor va fi necesar să se recurgă la situaţii de inadecvare, ştiind că fiabilitatea unui sistem electric se bazează pe cele două componente organice ale acesteia: adecvarea şi securitatea.

Apariţia a trei avarii de sistem de o deosebită gravitate, ce au afectat treimea de vest a continentului nord-american în zilele de 2 şi 3 iulie, urmate de cea din ziua de 10 august a anului trecut, au contribuit la intensificarea controversei amintite mai sus.

Avariile estivale americane [1] au avut un impact social şi economic profund asupra Statelor Unite. Presedintele Bill Clinton a solicitat ministrului ce conduce Departamentul Energiei un raport de analiză a primelor două avarii, dar la doar câteva zile de la predarea raportului s-a produs cea de a treia avarie, similară cu primele, dar având consecinte şi mai grave.

Toate cele trei avarii de sistem s-au caracterizat prin:

⇨ Iniţiere cauzată de incidente banale: declanşări ale unor linii aeriene de foarte înaltă tensiune, ale căror săgeţi erau mult crescute, în condiţii de încărcare aproape de limitele maxime admisibile, în zile cu temperaturi exterioare record şi cu operaţiuni de întreţinere a culoarelor de trecere prin zone cu vegetaţie bogată, neefectuate la timp.

⇨ Dezvoltarea prin efect de domino, facilitată de câteva funcţionări necorespunzătoare ale unor instalaţii de protecţie, a unei degradări treptate a stării sistemului, în perioade de timp destul de lungi (zeci de minute bune), în care personalul de la centrele de conducere nu a acţionat cu vreo iniţiativă de vreun fel, asistând pasiv până la prăbuşirea totală, ce a afectat 14 state din vestul SUA, zone adiacente din Canada şi Baja California în Mexic, lăsând fără alimentare milioane de abonaţi, casnici şi industriali, şi afectând populaţii de zeci de milioane de locuitori pe parcursul a multor ore.

⇨ O vizibilă discrepanţă între preocupările comunităţii tehnico-ştiinţifice de analiză şi conoaştere a fiziologiei sistemelor electrice, urmată de dotări redondante în tehnica de calcul a centrelor de comandă şi control şi instalaţii de automatizare, pe de o parte, şi comportarea pasivă a factorului uman, care tocmai în asemenea situaţii rare trebuie să îşi dovedească importanţa, o inacţiune cu promptitudine a personalului de tură de comandă se soldează cu pagube materiale uriaşe, însoţite de o scădere dramatică a credibilităţii industriei energiei electrice în ochii consumatorilor, recte a întregii societăţi.

Cu toate acestea, orientarea reformatoare în curs de desfăşurare continuă neabătută. "Ministerul sprijină activ creşterea concurenţei pe pieţele energiei electrice" se spune în raportul către preşedinte. Şi mai departe: "...ministerul este de părere că sistemul curent de autoreglementare volutară în ceea ce priveşte siguranţa sistemelor electrice rămâne soluţia cea mai bună pentru menţinerea unei fiabilităţi crescute în viitor".

Cele de mai sus se constituie într-un răspuns elocvent la întrebarea din titlul comnicării noastre. Cât despre rolul FACTS - în sensul cel mai larg al termenului - ne vom referi pe scurt, în continuare, reluând informaţii culese de la Karl Stahlkopf, vicepreşedinte la EPRI şi conducător de câţiva ani buni al Power Delivery Group*, veritabil leagăn al "şcolii FACTS" de la EPRI.

Avariile recente au pus în evidenţă necesitatea unei infrastructuri îmbunătăţite a mijloacelor de măsurare, integrare, procesare, interpretare şi intercomunicare a datelor în sistemele electrice. Este resimţită nevoia unui "limbaj", mai ales în interconexiunile internaţionale. Este ceea ce s-a realizat prin ICCP - Inter-control Center Communications Protocol, pe cale de a fi pus în aplicare în prezent, în peste 100 de companii din sisteme electrice interconectate.

Au apărut produse portabile precum PPSM - Portable Power System Monitor şi PMU - Phasor Measurement Unit al firmei Macrodyne, bazate pe conceptul unui proiect de sistem de măsurare a parametrilor de funcţionare în ansambluri vaste interconectate WAMS - Wide Area Measurement System, iniţiat de EPRI, BPA şi alte companii americane de electricitate.

WAMS este un fel de "sistem al sistemelor", în care participanţii instalează în noduri critice ale ansamblului de sisteme interconectate, perechi de PPSM şi PMU, calibrate în timp prin satelit la precizie de o microsecundă.

WAMS face tranziţia de la tehnologia de măsurare analogică la cea digitală.

Majoritatea instrumentelor analogice permit 10 eşantionări pe secundă, PMU la 30 şi PPSM la 5000. În prezent WAMS cuprinde 20 de puncte în care funcţionează PPSM şi PMU în vestul Statelor Unite, ceea ce este însă un început, motiv pentru care WAMS nu a acţionat pentru prevenirea sau atenuarea avariilor de sistem din vara anului trecut.

Alte două "produse"ale şcolii FACTS de la EPRI sunt pachetele de soft on-line VSA - Voltage Security Assessment şi DSA - Dynamic Security Assessment. Ele urmează a fi introduse în exploatare în anul acesta, alertând personalul asupra contingenţelor capabile să reducă în mod periculos securitatea şi să sugereze acţiuni preventive sau corective, după caz. VSA scrutează sistemul la intervale de 15 - 20 minute, sau după o declanşare de linie sau grup şi identifică 20 - 30 de contingenţe posibile în continuare, care ar avea cele mai adverse efecte asupra sistemului electric, precum şi natura acestor efecte. Rutina de simulare a VSA este de 10 ori mai rapidă decât succesiunea evenimentelor în timp real, ceea ce permite operatorilor să anticipeze efectul benefic al acţiunilor ce le sunt recomandate.

În fine, o altă "armă" on-line de analiză în mâna dispecerului sistemului este TRACE - Transfer Capability Evaluation a unui coridor de linii, permiţând încărcarea maximă a antenei în perioade grele, fără a depăşi pragul periculos, aşa cum s-a întâmplat la avariile recente. Combinaţia TRACE şi VSA va fi operaţională de abia la finele anului în curs.

În ceea ce priveşte instalaţiile de FACTS propriu-zise, care fac de altfel obiectul altor lucrări prezentate la această masă rotundă, ele sunt realităţi în funcţiune în SUA. În noiembrie 1995 s-a conectat în staţia Sullivan a TVA- Tennessee Valley Authority compensatorul sincron STATCOM de ± 100 Mvar, folosind tiristoare GTO. Cel mai nou produs conceput la EPRI este UPFC, care permite reglarea simultană a tensiunii, impedanţei liniei şi a unghiului de fază.

El se instalează de American Electric Power - AEP în zona statului Kentucky, Inez cu o sarcină de circa 2000 MW.

În fine, pentru a se analiza comparativ diverse soluţii de FACTS de aplicat într-o zonă, EPRI a elaborat programul de evaluare off-line PSAPAC - Power System Analysis Package.

Închei cu o opinie personală cu care plec de la această masă rotundă: realizările remarcabile ale şcolii româneşti de FACTS [3], în curs de rapidă dezvoltare şi diversificare, nu trebuie neaparat condiţionate de iminente necesităţi de apariţie în reţeaua noastră naţională, cât mai degrabă de un export românesc perfect competitiv în acest domeniu: cel de inteligenţă.

BIBLIOGRAFIE

[1] Mihăileanu, C. *Avarii de sistem recente în Statele Unite.* In: ENERG, vol.13, dec.1996, Editura Tehnică p. 123 - 137

[2] CIGRE - *Impact of DSM, IRP and distributed generation on power systems*, Symposium, 18 - 19 September 1996, Neptun, Romania, PROPRAMME

[3] Eremia, M., Bulac, C., Triştiu I. *Dispozitive FACTS. Concepte si aplicatii in sistemele electroenergetice.* In: Energetica, 45, nr. 5 - 6, 1997, p. 204

* Dr. Karl Stahlkopf va fi unul dintre cei patru oratori invitaţi la şedinţa inaugurală a Simpozionului CIGRE, ce se va desfăşura anul acesta în zilele de 18 şi 19 septembrie la Neptun, în ţara noastră [2]

POWER FLOW CONTROL IN MESHED SYSTEM APPLING FACTS DEVICES

CONTROLUL CIRCULAŢIEI DE PUTERI ÎN SISTEME ELECTRICE BUCLATE FOLOSIND DISPOZITIVE FACTS

Prof. dr. R. MIHALIČ
Faculty of Electrical Engineering Ljubljana, Slovenia

Prezentul articol examinează una din posibilităţile de control al circulaţiei de putere într-un sistem electric buclat variabilă pentru anumite ţări. Pentru obţinerea unui astfel de rezultat s-au folosit dispozitivele FACTS. Studiul se bazează pe tehnici de simulare numerică.

In this paper a possibility of power flow control in the meshed system that may appear in various countries has been examined. In order to achieve this goal FACTS devices have been applied. The study is based on digital simulation procedures.

Descriptori: dispozitiv FACTS, UPFC

1. Introduction

Large interconnected systems normally consist of interconnected and integrated smaller subsystems. Power exchange among these subsystems is expected to increase in the future. Because of environmental impacts it is difficult to build new power stations and lines on time. Sometimes it is also more economical to postpone a new investment by increasing the capability of the existing transmission system.

Due to deregulations in the electric power industry, the need to transport power between partners through defined line corridors without involving other partners in the system will play an important role in the future.

The FACTS devices which are based on Power Electronic Equipment offer the possibility of fast power flow control in the system and thus enable power transport through desired lines (corridors).

In this paper a possibility of power flow control in the meshed system that may appear in various countries has been examined. In order to achieve this goal FACTS devices have been applied. The study is based on digital simulation procedures.

1. Introducere

Marile sisteme electrice interconectate constau, de regulă, din subsisteme de talie mai redusă, integrate şi interconectate. Este de aşteptat ca schimbul de putere între aceste subsisteme să crească în viitorul apropiat. Din cauza impactului asupra mediului este dificil să se construiască noi centrale electrice şi linii electrice în acelaşi ritm cu necesarul de putere. Uneori este recomandabil şi din punct de vedere economic să se amâne o nouă investiţie, prin sporirea capacităţii sistemului electroenergetic existent.

Din cauza dereglementărilor din cadrul industriei energetice, nevoia de vehiculare a puterii între anumiţi parteneri prin coridoare de linii fără a se implica şi alţi parteneri din cadrul sistemului, va avea un rol foarte important în viitor.

Dispozitivele FACTS, care se bazează pe echipament electronic de putere, oferă posibilitatea unui control rapid al circulaţiei de putere în cadrul sistemului electroenergetic, permiţând, astfel, transportul puterii prin liniile (coridoarele) dorite.

Prezentul articol examinează una din posibilităţile de control al circulaţiei de putere într-un sistem electric buclat, valabilă pentru anumite ţări. Pentru obţinerea unui astfel de rezultat s-au folosit dispozitivele FACTS. Studiul se bazează pe tehnici de simulare numerică.

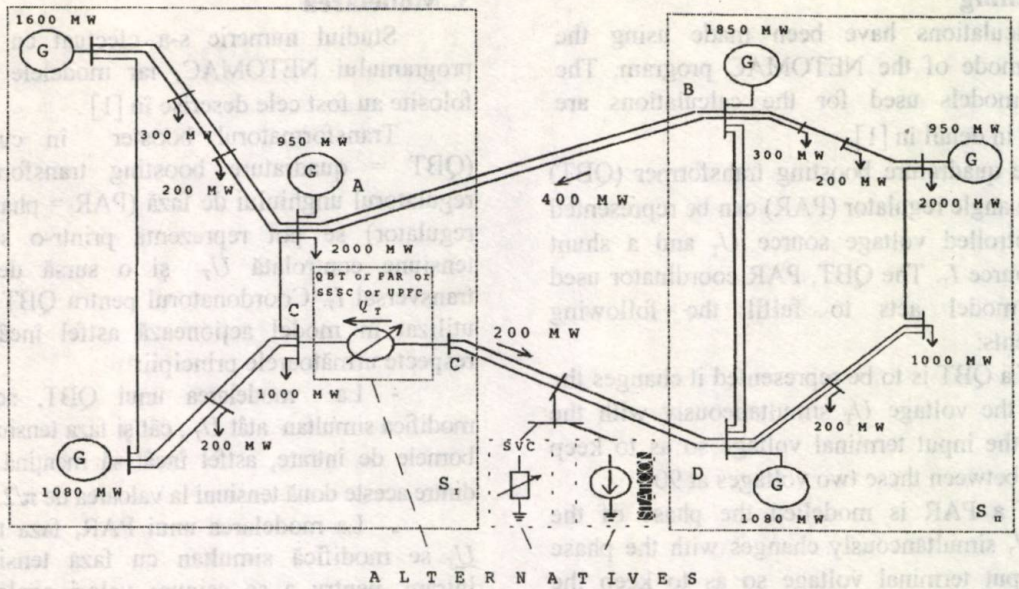


Fig.1. The system configuration.
Configuraţia sistemului studiat.

2. Description of the system

A study on the use of FACTS elements for load flow control in a meshed system in transient conditions has been conducted using the 400 kV system in Fig. 1. The system consists of two meshed subsystems (S_I and S_{II}) which are connected by two double-circuit lines with a length of 360 km (lines A-B and C-D). In each subsystem there is a total generation of 3600 and 3900 MW, respectively.

The generation is composed of typical units of nuclear power plants and thermal power plants. The voltage, frequency and power control including power system stabiliser are included in the model.

In this basic situation a load of 200 MW should be transmitted from system S_{II} to system S_I. But in this configuration an undesired loop flow of approximately 200 MW occurs as shown in Fig. 1.

In order to improve the steady state and also the dynamic behaviour of the complete system, different FACTS devices were positioned at node C in the middle of the connection between nodes C and D (c.f. Fig 1). The main tasks of these devices were:

- minimisation of the active power flow in the loop;
- minimisation of the reactive power flow in the lines C-D to reduce losses (if possible);
- power oscillation damping.

2. Descrierea sistemului

Studiul folosirii elementelor FACTS pentru controlul circulaţiei de putere într-un sistem electric buclat şi regim tranzitoriu s-a efectuat numeric, folosind sistemul de 400 kV prezentat în figura 1. Sistemul este format din două subsisteme- S_I şi S_{II} , interconectate prin două linii dublu circuit, AB şi CD. Cele două subsisteme includ capacităţi de generare de 3600 MW şi, respectiv, 3900 MW. Centralele electrice sunt de tip nuclear sau termoelectrice. Modelul folosit cuprinde şi reglajele de tensiune, frecvenţă, putere, inclusiv stabilizatoarele de putere din sistem.

În regimul de bază se tranzitează dinspre subsistemul S_I spre subsistemul S_{II} o putere de 200 MW. Însă, după cum rezultă din figura 1, în configuraţia aleasă apare o circulaţie nedorită, în buclă, a unei puteri de 200 MW. Cu scopul îmbunătăţirii regimului permanent, precum şi al comportării dinamice a sistemului complet, în nodul C şi la mijlocul conexiunii dintre C şi D au fost plasate dispozitive FACTS (cf. fig.1). Funcţiile de bază ale acestor dispozitive au fost:

- minimizarea circulaţiei de putere activă în buclă;
- minimizarea circulaţiei de putere reactivă pe liniile CD, pentru reducerea pierderilor (dacă este posibil);
- amortizarea oscilaţiilor de putere.

3. Modelling

Calculations have been made using the stability mode of the NETOMAC program. The FACTS models used for the calculations are described in detail in [1].

The quadrature boosting transformer (QBT) and phase angle regulator (PAR) can be represented by a controlled voltage source U_T and a shunt current source I_T. The QBT, PAR coordinator used in the model acts to fulfil the following requirements:

- if a QBT is to be represented it changes the phase of the voltage U_T simultaneously with the phase of the input terminal voltage so as to keep the angle between these two voltages at 90°;
- if a PAR is modelled the phase of the voltage U_T simultaneously changes with the phase of the input terminal voltage so as to keep the magnitudes of terminal voltages equal and only angle between them is changed.
- For both i.e. QBT and PAR the input and output active and reactive powers are balanced.

The model of static synchronous series compensator (SSSC) is represented by a "controlled voltage source" and includes also a coordinator, which adjusts the phase of the injected voltage $\underline{U}_T$ so as to be perpendicular to the line current.

A unified power flow controller (UPFC) is able to control three parameters: amplitude and phase angle of the voltage $\underline{U}_T$ in the series branch and the voltage on the input terminal of the shunt branch using the reactive power control of the shunt GTO converter. The series branch voltage $\underline{U}_T$ that is injected can be in any phase with respect to input terminal voltage and can have any magnitude from 0 to the maximum value U_{Tmax}. The operating area becomes the region limited by a circle with radius U_{Tmax}.

The operating point can be continuously changed (continuous change of $\underline{U}_T$ phase and magnitude). Assuming that the UPFC is not connected directly to a stiff voltage source then, additionally the voltage of the UPFC shunt transformer terminal can be controlled via the reactive parallel branch current $\underline{I}q$ [2].

4. Power flow control

For load flow control in meshed systems the following FACTS are most suitable:

- Phase Shifting Transformer (PST)

3. Modelarea

Studiul numeric s-a efectuat cu ajutorul programului NETOMAC, iar modelele FACTS folosite au fost cele descrise în [1].

Transformatorul booster în cuadratură (QBT = quadrature boosting transformer) şi regulatorul unghiului de fază (PAR = phase angle regulator) se pot reprezenta printr-o sursă de tensiune controlată U_T şi o sursă de curent transversal I_T. Coordonatorul pentru QBT şi PAR utilizat în model acţionează astfel încât să se respecte următoarele principii:

- La modelarea unui QBT, acesta va modifica simultan atât U_T, cât şi faza tensiunii de la bornele de intrare, astfel încât să menţină unghiul dintre aceste două tensiuni la valoarea de $\pi/2$.
- La modelarea unui PAR, faza tensiunii $\underline{U}_T$ se modifică simultan cu faza tensiunii de intrare, pentru a se asigura valori egale pentru tensiunile la borne, cu modificarea numai a unghiului dintre acestea.
- Atât pentru QBT, cât şi pentru PAR se asigură echilibrul puterilor active şi reactive de intrare şi de ieşire.

Modelul pentru compensatorul static sincron serie conţine o "sursă de tensiune controlată", precum şi un coordonator, care reglează faza tensiunii inserate $\underline{U}_T$, astfel încât aceasta să fie în cuadratură cu curentul de linie.

Un regulator al circulaţiei de putere unificat (UPFC = unified [power flow controller) este disponibil pentru controlul celor trei parametri: amplitudinea şi faza tensiunii $\underline{U}_T$ inserată în latura serie, şi tensiunea la borna de intrare a ramurii transversale, folosid reglajul puterii reactive al convertorului GTO transversal. Tensiunea $\underline{U}_T$ a laturii serie care este inserată poate avea un defazaj oarecare faţă de tensiunea de la intrare şi orice amplitudine, începând de la 0 şi până la valoarea maximă $U_{T,\,max}$. Aria de lucru devine astfel regiunea limitată de un cerc cu raza egală cu $U_{T,\,max}$. Punctul de funcţionare poate fi variat în mod continuu (modificarea continuă a fazei şi a amplitudinii tensiunii $\underline{U}_T$). În ipoteza că UPFC nu este conectat direct la o sursă de tensiune rigidă, se poate controla, în plus, şi tensiunea bornei transformatorului transversal al UPFC, prin intermediul curentului reactiv $\underline{I}q$ din ramura transversală [2].

4. Controlul circulaţiei de putere

Pentru controlul circulaţiei de putere în sistemele buclate, cele mai adecvate dispozitive FACTS sunt următoarele:

(Quadrature Boosting Transformer - QBT - was chosen)

- Controlled Series Compensation using GTO converters (SSSC) and
- Unified Power Flow Controller (UPFC).

Shunt elements such as static var compensator (SVC) and static synchronous condenser (STATCON) influence load flow only marginally and are therefore used for voltage control and to support damping of oscillations.

The results of simulations is presented in Fig. 2. Besides the reactive and active power flows in both connections A-B and C'-D, Fig. 2 also shows the magnitudes of the control voltages U_T, necessary to control the active power loop flow to zero for each FACTS device, respectively. Calculations have been made using a steady state control of the FACTS equipment starting with system conditions without FACTS load flow control.

4.1. Quadrature boosting transformer action

As shown in Fig. 2a, the phase shift of the voltage phasors caused by the QBT results mainly in a change of active power flow in the line C'-D. Using an injected voltage of about 0.25 P.U. of the rated phase to ground voltage enables the complete suppression of the active power loop flow in the system. Additionally, in the line C'-D, the reactive power flow changes also, mainly as a consequence of the fact that in the case of QBT action QBT terminal voltage magnitudes also change.

While the active power flow of the line A-B is changed by the controlled loop flow amount (200 MW), the reactive power flow changes only slightly, because the voltage magnitudes of the line terminals are controlled by infeeds of power plants.

4.2. Synchronous series compensator action

The CSC using GTOs can be considered as a voltage injected serially into the transmission line. The phase of this voltage is perpendicular to the line current, so it also acts as a current dependent reactive impedance. With CSC using GTOs it is theoretically possible to suppress the active and reactive line power flow close to zero (Fig 3.32b). In reality some small line current continues to flow. The change of active and

- Transformatorul de rotire a fazei, PST = phase shifting transformer. (S-a folosit un transformator booster în cuadratură, QBT).
- Compensatorul serie controlat folosind convertoare GTO (SSC) şi
- Regulatorul circulaţiei de putere unificat (UPFC).

Elementele transversale, cum ar fi compensatorul static de putere reactivă (SVC = static var compensator) şi condensatorul static sincron (STATCON = static synchronous condenser) influenţează circulaţia de putere numai marginal şi de aceea sunt folosite pentru controlul tensiunii şi pentru a asista amortizarea oscilaţiilor.

Rezultatele simulărilor sunt prezentate în figura 2. În afara circulaţiilor de putere reactivă şi activă în ambele conexiuni AB şi C'D, figura 2 prezintă şi amplitudinea U_T a tensiunii de control, necesară pentru controlul puterii active în buclă şi menţinerea acesteia la valoarea zero, pentru fiecare dintre dispozitivele FACTS. Calculele au fost efectuate adoptând un control de regim permanent pentru echipamentul FACTS, pornind de la condiţiile sistemului în absenţa unui astfel de echipament pentru controlul circulaţiei de putere.

4.1. Acţiunea transformatorului booster în cuadratură

După cum se vede din figura 2 *a*, defazarea fazorilor de tensiune, cauzată de QBT, conduce, în principal, la o modificare a circulaţiei de putere activă pe linia C'D. Folosind o tensiune inserată de 0,25 u.r. din tensiunea nominală pe fază, se poate obţine o suprimare a circulaţiei puterii active în bucla sistemului. Totodată, se modifică şi circulaţia de putere reactivă pe aceeaşi linie, în principal ca o consecinţă a faptului că în cazul acţiunii QBT se modifică şi amplitudinea tensiunii la bornele acestuia.

În timp ce circulaţia de putere activă pe linia AB îşi modifică valoarea cu cea a puterii din buclă (200 MW), modificarea circulaţiei de putere reactivă este numai foarte slabă, deoarece amplitudinile tensiunilor la capetele liniei sunt controlate de centralele ce furnizează injecţia de putere.

4.2. Acţiunea compensatorului sincron serie

Un CSC folosind elemente de tip GTO poate fi asimilat unei tensiuni inserate longitudinal în linia de transport şi aflată în cuadratură cu curentul din linie, astfel încât se manifestă şi ca o impedanţă reactivă dependentă de curent. În

reactive power can not be controlled independently. The active power flow through the line A-B changes by the amount of the controlled loop flow, while the reactive power flow in this line does not change significantly.

această situaţie este teoretic posibil să se diminueze până aproape de zero circulaţiile de putere activă şi reactivă de pe linie (fig.2 *b*). În realitate, pe linie continuă să circule un curent redus. Modificările circulaţiilor de putere activă şi

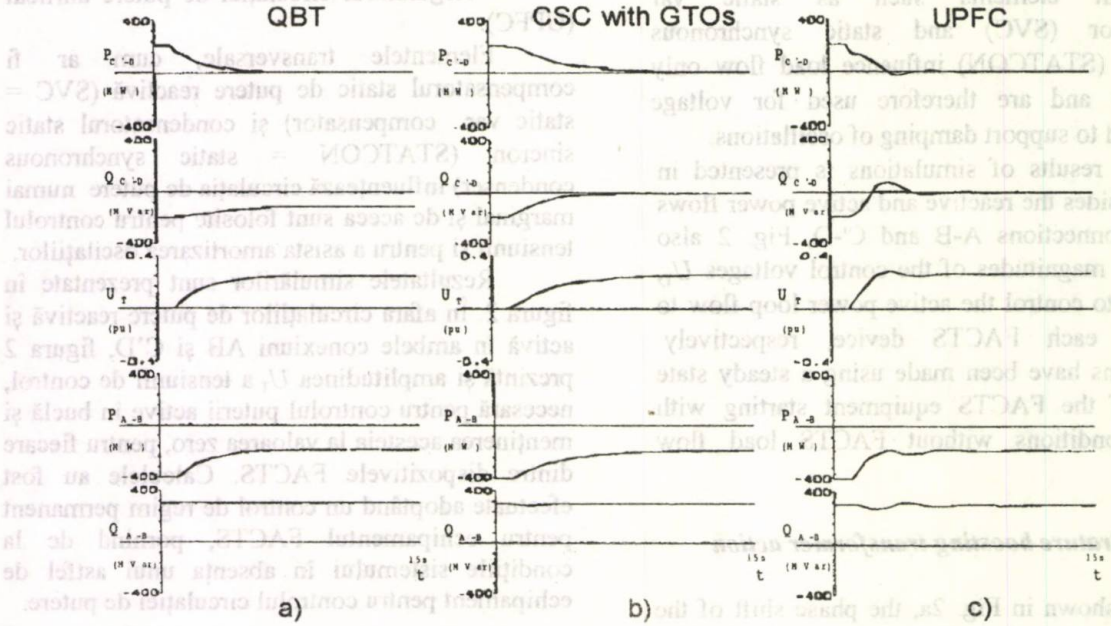


Fig. 2. Power flow control in lines C'-D of the system in Fig. 1: a) QBT; b) CSC with GTO; c) UPFC.
Controlul circulaţiei de putere pe liniile C'D alew sistemului din fig.1: a) QBT; b) CSC cu GTO; c) UPFC.

4.3. Unified Power Flow Controller action

A UPFC has three independent controllable parameters of which two are needed for load flow control. As shown in Fig. 3.32c, both active and reactive power flows in line C'-D can be controlled to zero. To achieve this desired effect, two UPFC controllable parameters (i. e. phase and magnitude of the injected voltage U_T) are controlled. Although the final effect is similar to the one obtained with the CSC using GTOs, physically it is different. While in the case of CSC using GTOs, active and reactive power are dependent, in the case of the UPFC the active and reactive power flow are controlled simultaneously and independent of each other. As is the case with the CSC using GTOs and the PAR, the active power flow in the line A-B changes by the loop flow amount and the reactive power flow in this line remains almost unchanged.

reactivă nu se pot controla independent. Circulaţia de putere activă prin linia AB se modifică cu cantitatea rezultată din controlul circulaţiei în buclă, în timp ce circulaţia de putere reactivă pe acea linie nu se modifică semnificativ.

4.3. Acţiunea regulatorului circulaţiei de putere unificat

Un sistem UPFC are trei parametri controlabili independent, dintre care doi sunt necesari pentru controlul circulaţiei de putere. După cum se observă în figura 2 *c*, se pot controla, chiar până la anulare, atât circulaţia de putere activă, cât şi cea de putere reactivă, pe linia C'D. Pentru a obţine acest efort dorit, se folosesc cei doi parametri controlabili ai UPFC: faza şi amplitudinea tensiunii inserate U_T. Deşi efectul final este asemănător cu cel obţinut la folosirea unui sistem CSC cu elemente GTO, din punct de vedere fizic el este diferit. În timp ce în primul caz (CSC cu GTO) puterile activă şi reactivă sunt corelate, în cazul UPFC circulaţiile celor două puteri sunt controlate simultan şi independent una de cealaltă. Ca şi în cazul

5. Oscillation damping

The aim of sec. 4 is to invcstigate the possibility of steady-state power flow control in the system so as to suppress the loop flow. One of the possibility is disconnection of the lines between nodes C and D (c.f. Fig. 1). It might be the simplest solution for steady state conditions, but is improper when also possibility of fault occurrence is taken into consideration.

If 3-phase fault occurs on the line between nodes A and B and is followed by the line tripping of the faulted line within 100 ms, then the remaining line between A and B is to weak to keep both subsystems S_I and S_{II} in synchronism. The situation is presented in Fig. 3a.

To provide a stable operation an additional interconnection between the nodes C and D was necessary. Fig. 3b indicates that the system is stable for the above mentioned fault with the additional interconnection. Furthermore, Fig. 3b shows that power oscillation during the transition into the new steady state condition after tripping one line between A in B is poorly damped. The aim of the study was to improve damping of the presented system by including FACTS devices so as to shorten oscillation period to about 40% of its duration when no FACTS devices are implemented to damp oscillations.

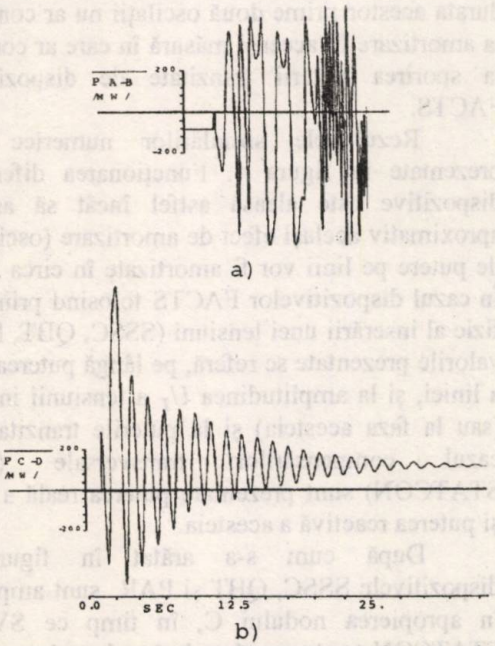


Fig. 3 Active power flow after 3-phase fault near node B.
a) no connection between C and D;
b) transmission lines between C and D.
Circulaţia de putere activă după defect trifazat în apropierea nodului B. a) fără nici o conexiune între C şi D;
b) în prezenţa liniilor între C şi D.

sistemelor CSC şi GTO sau PAR, circulaţia de putere activă pe linia AB se modifică cu cantitatea puterii active ce circula în buclă, iar circulaţia puterii reactive rămâne aproape neschimbată.

5. Amortizarea oscilaţiilor

Scopul acestui capitol este de a examina modul în care poate fi suprimată circulaţia în buclă a puterilor, cu ajutorul controlului de regim permanent al circulaţiei de puteri. Una din posibilităţi o constituie deconectarea liniilor dintre nodurile C şi D (a se vedea fig.1). Ar putea fi soluţia cea mai simplă pentru un regim permanent, dar este improprie dacă se ia în considerare şi posibilitatea apariţiei unui defect.

La apariţia unui defect trifazat pe linia dintre nodurile A şi B, urmată de deconectarea liniei în 100 ms, linia ce mai rămâne conectată între A şi B este prea slabă pentru a asigura menţinerea în sincronism a subsistemelor S_I şi S_{II}. Situaţia este prezentată în figura 3 *a*.

Pentru asigurarea unei funcţionări stabile s-a impus o legătură suplimentară între nodurile C şi D. Figura 3 b indică faptul că sistemul este stabil în situaţia apariţiei defectului menţionat şi în prezenţa interconexiunii adiţionale. În plus, figura 3 *b* evidenţiază şi o amortizare puţin eficientă a oscilaţiilor de putere pe durata tranziţiei spre noul regim permanent al sistemului ce urmează deconectării legăturii dintre A şi B. Scopul studiului a fost de a îmbunătăţi amortizarea sistemului prezentat, prin folosirea dispozitivelor FACTS, astfel încât durata oscilaţiilor să se scurteze la circa 40 % din durata corespunzătoare absenţei acestor dispozitive.

Pentru asigurarea unei funcţionări stabile s-a impus o legătură suplimentară între nodurile C şi D. Figura 3 *b* indică faptul că sistemul este stabil în situaţia apariţiei defectului menţionat şi în prezenţa interconexiunii adiţionale. În plus, figura 3 *b* evidenţiază şi o amortizare puţin eficientă a oscilaţiilor de putere pe durata tranziţiei spre noul regim permanent al sistemului ce urmează deconectării legăturii dintre A şi B. Scopul studiului a fost de a îmbunătăţi amortizarea sistemului prezentat, prin folosirea dispozitivelor FACTS, astfel încât durata oscilaţiilor să se scurteze la circa 40 % din durata corespunzătoare absenţei acestor dispozitive.

5.1. Simulation of system oscillatory behaviour

In this work the pre-fault state is "controlled load flow-state" described in sec. 4, i.e. real power flow in the lines between nodes C and D equals to 0. In the instance of fault occurrence the devices for controlled load flow (SSSC, PAR, QBT) are disconnected. Damping of power oscillations is carried out with the same device as it is implemented for steady-state load flow control before fault with exception of parallel compensation (SVC, STATCON). These two devices namely have minor impact on real power flow in the line between nodes C and D thus they are improper for steady-state load flow control. In the cases when SVC or STATCON were implemented for power oscillation damping the pre-fault load flow control is carried out with phase angle regulator.

The power oscillation signal used by FACTS controllers is line real power time derivative dP_{CD}/dt which can be derived from local system quantities. In order to minimize FACTS devices throughout power damping action is delayed for about first two power swings. Damping action during first two swings would not contribute to the oscillation damping as much as it would increase the throughout power of FACTS devices.

Results of digital simulation are presented in Fig. 4. Rating of various devices is chosen so as to achieve nearly the same damping effect (power swings should be damped in about 10 seconds). In the case of FACTS devices using physical principle of voltage injection (SSSC, QBT, PAR) the presented quantities are besides the line real power also injected voltage magnitude U_T (or phase shift) and throughout powers. In the case of parallel compensation (SVC, STATCON) the line real power and the device reactive power are presented.

As shown in Fig. 1 the SSSC, QBT and PAR are located near the node C, while SVC and STATCON are connected to the bus in the middle of the connection between C and D. While location of SSSC, QBT and PAR in the connection between C and D has minor impact, location of SVC and STATCON is essential for power oscillation damping effectiveness. For controllable parallel compensation the most favorable location between

5.1. Simularea comportării oscilatorii a sistemului

În lucrarea de faţă, starea anterioară defectului denumită "circulaţie controlată a puterilor" a fost descrisă în capitolul precedent, pentru situaţia în care circulaţia de putere activă între nodurile C şi D este nulă. În momentul apariţiei defectului sistemele de control al circulaţiei de putere (SSSC, PAR, QBT) sunt deconectate. Amortizarea oscilaţiilor este asigurată de acelaşi dispozitiv care era implementat pentru controlul circulaţiei de putere în regimul permanent anterior defectului, cu excepţia compensării transversale (SVC, STATCON). Dar aceste două dispozitive au numai un efect minor asupra circulaţiei reale pe linia dintre nodurile C şi D. În cazurile când pentru controlul oscilaţiilor erau implementate dispozitive SVC şi STATCON controlul circulaţiei de putere în perioada ce precede defectul este asigurat printr-un regulator al defazajului.

Semnalul referitor la oscilaţiile de putere utilizat de dispozitivele FACTS este reprezentat de derivata în funcţie de timp a puterii active reale dP_{CD}/dt, care se poate deduce din mărimile locale ale sistemului. Pentru a minimiza dispozitivele FACTS implicate în acţiunea de amortizare a oscilaţiilor de putere acţiunea este întârziată cu circa două oscilaţii. Acţiunea de amortizare pe durata acestor prime două oscilaţii nu ar contribui la amortizare în aceeaşi măsură în care ar conduce la sporirea puterii tranzitate de dispozitivele FACTS.

Rezultatele simulărilor numerice sunt prezentate în figura 4. Funcţionarea diferitelor dispozitive este aleasă astfel încât să asigure aproximativ acelaşi efect de amortizare (oscilaţiile de putere pe linii vor fi amortizate în circa 10 s). În cazul dispozitivelor FACTS folosind principiul fizic al inserării unei tensiuni (SSSC, QBT, PAR), valorile prezentate se referă, pe lângă puterea reală a liniei, şi la amplitudinea U_T a tensiunii inserate (sau la faza acesteia) şi la puterile tranzitate. În cazul compensărilor transversale (SVC, STATCON) sunt prezentate puterea reală a liniei şi puterea reactivă a acesteia.

După cum s-a arătat în figura 1, dispozitivele SSSC, QBT şi PAR sunt amplasate în apropierea nodului C, în timp ce SVC şi STATCON sunt racordate la barele colectoare de la mijlocul conexiunii dintre C şi D. Dacă plasarea SSSC, QBT şi PAR pe conexiunea dintre C şi D are un efect minor, localizarea SVC şi STATON

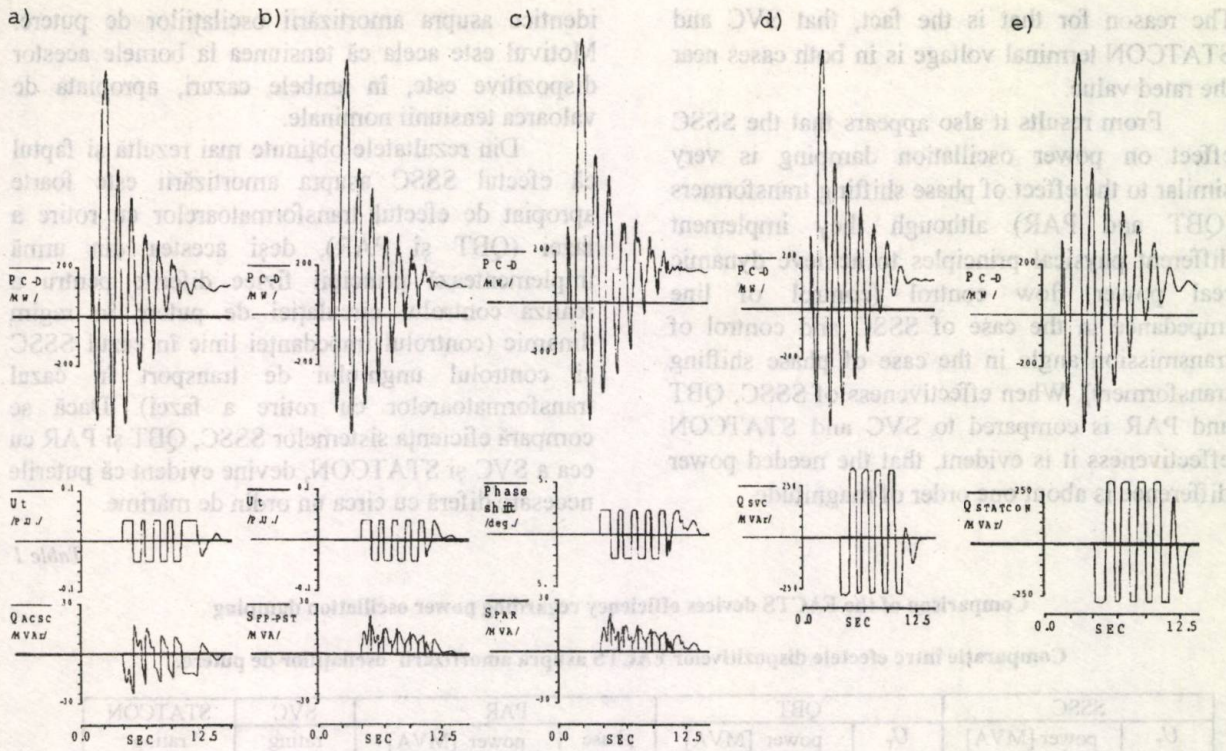


Fig.4. Power oscillation damping : SSSC; b) QBT; c) PAR; d) SVC; e) STATCON.

Amortizarea oscilaţiilor de putere: SSSC; b) QBT; c) PAR; d) SVC; e) STATCON.

C and D is near the middle of the connection. Connected to node C SVC and STATCON practically cannot contribute to power oscillation damping.

5.2. Results of oscillation damping actions

The powers of different FACTS devices used in the study which assure meshed system damping are presented in the table 1. In the cases of SSSC, QBT and PAR the peak values and the approximate average powers during the bang-bang action are presented (c.f. Fig. 3).

It is evident from results that QBT and PAR have nearly identical effect on power oscillation damping. It was anticipated, because relatively small angle shifts are needed to achieve desired effect. In this circumstances in the QBT case the terminal voltage magnitude difference is very small and QBT resembles PAR. Similar conclusions can be made when SVC and STATCON are compared. They have also almost identical impact on power oscillation damping.

este esenţială pentru eficienţa amortizării oscilaţiilor de putere. Pentru compensarea transversală controlabilă amplasarea cea mai favorabilă între C şi D este înspre mijlocul conexiunii. Conectarea în nodul C a SVC sau STACON nu aduce, practic nici o contribuţie la amortizarea oscilaţiilor de putere.

5.2. Rezultate referitoare la amortizarea oscilaţiilor

Puterile corespunzătoare diferitelor dispozitive FACTS folosite în studiul de faţă şi care asigură amortizarea sistemului buclat sunt prezentate în tabelul 1. Pentru cazul utilizării SSSC, QBT sau PAR se prezintă valorile de vârf şi cele ale puterilor medii aproximative în timpul regimului de tip bang-bang (cf. fig.3).

Din rezultatele prezentate este evident efectul practic identic al QBR şi PAR asupra amortizării oscilaţiilor de putere. Acest fapt a fost anticipat, deoarece pentru obţinerea efectului dorit sunt necesare defazări unghiulare mici. În aceste circumstanţe, folosirea QBT duce la diferenţe de amplitudine mici pentru tensiunea la borne, astfel încât QBT se aseamănă cu PAR. Concluzii similare se pot obţine şi pentru compararea sistemelor SDVC şi STATCON. Şi ele au efecte aproape

The reason for that is the fact, that SVC and STATCON terminal voltage is in both cases near the rated value.

From results it also appears that the SSSC effect on power oscillation damping is very similar to the effect of phase shifting transformers (QBT and PAR) although they implement different physical principles to achieve dynamic real power flow control (control of line impedance in the case of SSSC and control of transmission angle in the case of phase shifting transformers). When effectiveness of SSSC, QBT and PAR is compared to SVC and STATCON effectiveness it is evident, that the needed power difference is about one order of magnitude.

identice asupra amortizării oscilaţiilor de putere. Motivul este acela că tensiunea la bornele acestor dispozitive este, în ambele cazuri, apropiată de valoarea tensiunii nominale.

Din rezultatele obţinute mai rezultă şi faptul că efectul SSSC asupra amortizării este foarte apropiat de efectul transformatoarelor cu rotire a fazei (QBT şi PAR), deşi acestea din urmă implementează principii fizice diferite pentru a realiza controlul circulaţiei de putere în regim dinamic (controlul impedanţei linie în cazul SSSC şi controlul unghiului de transport în cazul transformatoarelor cu rotire a fazei). Dacă se compară eficienţa sistemelor SSSC, QBT şi PAR cu cea a SVC şi STATCON, devine evident că puterile necesare diferă cu circa un ordin de mărime.

Table 1

Comparison of the FACTS devices efficiency regarding power oscillation damping

Comparaţie între efectele dispozitivelor FACTS asupra amortizării oscilaţiilor de putere.

SSSC		QBT		PAR		SVC	STATCON
U_T [P.U.]	power [MVA] peak avg.	U_T [P.U.]	power [MVA] peak avg.	phase shift	power [MVA] peak avg.	rating [Mvar]	rating [Mvar]
0.04	23 10	0.04	23 10	2.3°	23 10	280.	280.

REFERENCES

[1] Povh, D. , Mihaliă, R. *Simulation of Power Electronic Equipment*, EPRI Workshop Baltimore, Oct. 7.-9., 1994.

[2] Mihalič, R., Zunko, P., Papic, I., Povh, D. *Improvement of transient stability by insertion of FACTS devices.* In: IEEE APT 172-10-029, Sept. 1993.

Traducere în limba română şi Referent : conf. dr. ing. Sorin Hurdubeţiu - Facultatea de Energetică, Universitatea "POLITEHNICA", Bucureşti

(Primit la 20 ianuarie 1997, acceptat la 12 mai 1997)

INFLUENŢA COMPENSATORULUI STATIC - SVC ASUPRA STABILITĂŢII DE TENSIUNE A SISTEMELOR INTERCONECTATE ÎN ASINCRON PRINTR-O LEGĂTURĂ CCIT

ş.l. ing. CONSTANTIN BULAC , prof. dr. ing. MIRCEA EREMIA, conf. dr. ing. CĂTĂLIN DUMITRIU, as. ing. ION TRIŞTIU*

În lucrare este prezentată o metodă de analiză a stabilităţii de tensiune la nodurile terminale ale unei linii de interconexiune la tensiune continuă - CCIT. Modelul dezvoltat pentru frecvenţa fundamentală permite analiza, atât a interacţiunii dintre sistemul de curent alternativ şi cel de curent continuu, cât şi a influenţei compensatorului static - SVC asupra stabilităţii de tensiune. În acest sens este definit un indicator de stabilitate de tensiune - VSI de tipul sensibilitatea tensiunii la variaţia puterii reactive.

The paper presents a checking method of voltage stability across the end nodes of a de voltage interconnection line - CCIT. The model developed for fundamental frequency enables the checking of both the interaction between the a.c system and the de system and the state compensator - SVC - influence upon voltage stability.

In view of voltage stability, a voltage stability indicator is defined - VSI which indicates voltage, sensitivity to the reactive power variation.

Descriptori: indicator stabilitate tensiune, SVC

Introducere

Apărute iniţial în cadrul sistemelor electroenergetice slabe cu linii electrice de transport la mare distanţă, problemele privind controlul şi stabilitatea de tensiune au revenit în actualitate datorită tendinţei de exploatare a liniilor de interconexiune în apropierea capacităţii maxime de transport [4].

Fenomenul de instabilitate de tensiune constă în degradarea progresivă şi necontrolabilă a tensiunii într-un nod sau într-o zonă a sistemului electroenergetic şi este determinat fie de micile perturbaţii datorate fluctuaţiilor permanente ale sarcinii, fie de incidente majore, cum ar fi deconectarea unei linii, a unui generator sincron etc. În general, la baza apariţiei unor astfel de situaţii se află imposibilitatea sistemului de a satisface, la un moment dat, cererea de putere reactivă a consumatorilor şi de a menţine un nivel de tensiune corespunzător. În acest context, problema instabilităţii de tensiune devine, din punct de vedere matematic, o problemă de existenţă a soluţiilor pentru sistemul de ecuaţii neliniare ce modelează comportamentul sistemului electroenergetic [2].

* Facultatea de Energetică - Universitatea "POLITEHNICA", Bucureşti

Fiind un fenomen dinamic, în funcţie de mecanismele care stau la baza declanşării şi de constantele de timp dominante, se disting două tipuri de instabilitate de tensiune, şi anume: *instabilitatea de tensiune tranzitorie* şi *instabilitatea de tensiune pe termen mediu şi lung* [6].

Datorită cantităţii mari de putere reactivă consumată şi rapidităţii de răspuns, convertoarele unei legături de interconexiune asincronă la tensiune continuă - CCIT, exploatată în modul de control *"putere constantă"*, pot determina instabilitatea tranzitorie de tensiune atunci când puterea lor nominală este comparabilă cu puterea de scurtcircuit a sistemului la care sunt conectate [7]. În acest caz, *"slăbiciunea"* sistemului de curent alternativ, cuantificată prin raportul de scurtcircuit - *SCR* , definit ca raportul dintre puterea de scurtcircuit - S_{sc} la nodul de racord al convertorului şi puterea nominală a acestuia-$P_{cc,n}$,

$$SCR = \frac{S_{sc}}{P_{cc,n}},$$

constituie un prim parametru ce trebuie avut în vedere la adoptarea soluţiilor de prevenire a fenomenelor de instabilitate şi colaps de tensiune. Pentru a lua în considerare efectul surselor locale de putere reactivă (compensatoare sincrone, baterii de condensatoare, filtre de armonice) în practică se

foloseşte raportul efectiv de scurtcircuit definit prin expresia:

$$ESCR = \frac{S_{sc} + Q_{cs} - Q_{cap}}{P_{cc,n}}, \qquad (2)$$

în care: Q_{cs} este puterea nominală a compensatoarelor sincrone, iar Q_{cap} puterea nominală a bateriilor de condensatoare şi a filtrelor de armonice (care pe componenta fundamentală debitează putere reactivă) [6].

În [7] şi în alte referinţe se arată că pentru valori *ESCR* mai mici decât 1,5 u.r. apar fenomene de instabilitate de tensiune şi prin urmare se impune adoptarea unor măsuri speciale de prevenire, cum ar fi instalarea unui compensator static de var.

În lucrare este dezvoltat un model care permite analiza interacţiunii dintre sistemul de curent alternativ şi legătura de interconexiune asincronă la tensiune continuă - CCIT, precum şi influenţa compensatorului static asupra stabilităţii de tensiune. În acest sens este utilizat un indicator de stabilitate de tensiune - *VSI*, definit ca raportul dintre variaţia tensiunii şi variaţia puterii reactive şi sunt stabilite condiţiile de funcţionare stabilă a sistemului CCIT - SVC.

1. Modelul matematic

Pentru analiza stabilităţii tranzitorii de tensiune la nodurile terminale ale unei legături de interconexiune asincronă, la tensiune continuă, se foloseşte schema echivalentă din figura 1, în care staţia de conversie este considerată ca fiind un invertor, iar sistemul de curent alternativ este reprezentat printr-un echivalent Thévenin [3]. Semnificaţia notaţiilor utilizate şi ecuaţiile de funcţionare sunt prezentate în anexa 1.

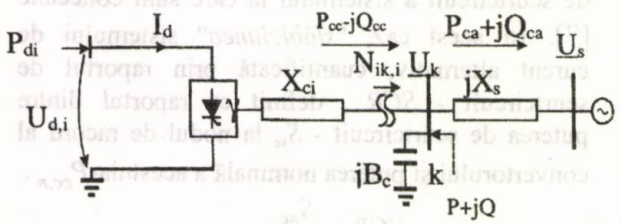


Fig. 1. Schema echivalentă pentru analiza stabilităţii de tensiune la nodul terminal al unei staţii de conversie funcţionând în regim de invertor.

Adoptarea acestei scheme este motivată de faptul că la baza mecanismului declanşării instabilităţii de tensiune se află variaţiile rapide şi de mică amplitudine ale curentului continuu I_d, provocate de modularea puterii în cadrul strategiei de control putere constantă. Declanşarea fenomenului de instabilitate de tensiune se poate produce în intervalul de timp ce urmează acţiunii regulatorului buclei de curent a legăturii CCIT, dar înainte ca regulatoarele automate de tensiune ale maşinilor sincrone din sistemul de curent alternativ să reacţioneze. În acest context, se justifică utilizarea unui model static atât pentru staţia de conversie, cât şi pentru sistemul de curent alternativ [7].

Ecuaţiile ce descriu bilanţul de puteri la intrarea în convertor şi la nodul terminal de curent alternativ *k*:

$$\begin{cases} P_{di} - P_{cc} = f_1([x],[u]) = 0 \\ P + P_{cc} - P_{ca} = f_2([x],[u]) = 0 \\ Q - Q_{cc} - Q_{ca} = f_3([x],[u]) = 0 \end{cases} \qquad (3)$$

în care:

$[x] = [U_k, \theta_k, I_d]^t$ este vectorul variabilelor de stare;

$[u] = [P_{di}, \gamma, N_{ik,i}, U_s, B_c, P, Q]^t$ -vectorul variabilelor de control,

se pot scrie sub următoarea formă compactă:

$$f([x],[u]) = [f_1, f_2, f_3]^t = 0. \qquad (4)$$

Soluţiile sistemului de ecuaţii neliniare (4) reprezintă punctele de echilibru sau punctele staţionare ale sistemului electroenergetic, iar existenţa lor depinde de valorile parametrilor $[u]$. Deoarece nu pot exista soluţii pentru toate valorile posibile ale parametrilor, în spaţiul acestora există un subdomeniu, numit *domeniu de existenţă a soluţiilor*, delimitat de o hipersuprafaţă, numită *suprafaţă critică*.

Dacă sistemul se află într-un punct de echilibru $[x_0, u_0]$ şi este supus unei perturbaţii $[\Delta u]$, atunci o primă condiţie necesară de stabilitate o constituie existenţa unui nou punct de echilibru, adică:

$$f([x + \Delta x],[u + \Delta u]) = 0, \qquad (5)$$

în care $[\Delta x]$ reprezintă vectorul variaţiilor variabilelor de stare.

O a doua condiţie de stabilitate o constituie existenţa unei traiectorii dinamice, care să lege cele două puncte de echilibru, iar tranziţia sistemului din starea iniţială către noua stare să aibă loc în lungul acesteia.

Liniarizând sistemul de ecuaţii (5) în jurul punctului de echilibru ($[x_0]$, $[u_0]$), se obţine:

$$[J_x][\Delta x]+[J_u][\Delta u]=0, \qquad (6)$$

în care $[J_x]$ şi $[J_u]$ sunt matricele Jacobian ale sistemului, corespunzătoare variabilelor de stare $[x]$, respectiv de control $[u]$. Structura acestor matrice este prezentată în anexa 2.

Modelul matematic definit de sistemul de ecuaţii liniare (6) va fi utilizat pentru analiza interacţiunii dintre sistemul de curent alternativ şi legătura la tensiune continuă, precum şi pentru evaluarea comportamentului acesteia în prezenţa unui SVC, care controlează tensiunea nodului terminal.

2. Evaluarea stabilităţii de tensiune

Pentru un sistem electroenergetic în general, dar mai ales pentru o structură radială de tipul celei prezentate în figura 1, un indicator al stabilităţii de tensiune îl constituie sensibilitatea tensiunii la variaţia puterii reactive injectate într-un nod, denumită în literatura de specialitate *factor sau indice al stabilităţii de tensiune* -VSI.

O valoare pozitivă a indicatorului *VSI* arată că sistemul se află într-un punct de funcţionare stabil din punctul de vedere al reglajului U-Q, în timp ce o valoare negativă indică instabilitatea punctului de funcţionare.

În scopul determinării valorii *VSI* la nodul terminal *k* al sistemului mixt CA-CC, a cărui schemă echivalentă este prezentată în figura 1, se consideră:

$$\begin{cases}[\Delta x]=[\Delta U_k, \Delta\theta_k, \Delta I_d]^t \\ [\Delta u]=[0,0,0,0,0,0,\Delta Q]^t\end{cases} \qquad (7)$$

Dacă matricea $[J_x]$ nu este singulară, prin rezolvarea sistemului de ecuaţii liniare (6) se obţine:

$$[\Delta x]=-[J_x]^{-1}[J_u][\Delta u], \qquad (8)$$

respectiv

$$VSI=\frac{dU_k}{dQ}\cong\frac{\Delta U_k}{\Delta Q}=\frac{\partial P_{cc}}{\partial I_d}\frac{\partial P_{ca}}{\partial\theta_k}\Big/\det[J_x]. \qquad (9)$$

Detalii privind calculul variaţiei ΔU_k la variaţia puterii reactive la nodul terminal ΔQ, necesară evaluării valorii *VSI* cu relaţia (9), sunt prezentate în anexa 3.

Având în vedere expresiile (A1.3) şi (A1.4) ale puterilor active P_{cc} şi P_{ca} (anexa 1), precum şi structura matricei Jacobian $[J_x]$ (anexa 2), din relaţia (9) rezultă că valoarea *VSI* depinde atât de regimul de funcţionare al legăturii de interconexiune - CCIT, cât şi de valorile reactanţei echivalente a sistemului X_s şi a susceptanţei capacitive B_c, adică de valoarea raportului efectiv de scurtcircuit - *ESCR* la nodul terminal.

În scopul analizei influenţei robusteţii sistemului de curent alternativ asupra funcţionării sistemului mixt CA-CC se trasează curba de variaţie, în unităţi relative, a *VSI* în funcţie de *ESCR*. Pentru aceasta, se aleg ca mărimi de bază puterea nominală a convertorului şi tensiunea nominală a nodului terminal. În aceste condiţii, considerând că nu există un compensator sincron la nodul terminal (Q_{cs}=0), expresia (2) a raportului efectiv de scurtcircuit devine [6] :

$$ESCR=\frac{1}{X_s}-B_C. \qquad (10)$$

Fiind cunoscut regimul de funcţionare al invertorului, inclusiv tensiunea la nodul terminal, pentru diverse valori ale *ESCR*, din relaţia (10) se determină X_s, apoi U_s; în continuare se calculează valoarea indicatorului *VSI*, folosind relaţia (9).

În figura 2*a* este prezentată variaţia indicatorului *VSI* în funcţie de *ESCR* la nodul terminal invertor al unei legături de interconexiune CCIT, care funcţionează în modul de control "*putere constantă*", considerând: reactanţa de comutaţie X_{ci}=0,13 u.r, factorul de putere la nodul terminal 1 (întreaga putere reactivă consumată de invertor este produsă local de o baterie de condensatoare având B_c=0,57 u.r) şi regimul nominal de funcţionare al invertorului (tabelul 1).

Tabelul 1

Regimul nominal de funcţionare al invertorului în unităţi relative

Valori impuse				Valori calculate	
P_{di}	U_{di}	γ	U_k	I_d	$N_{ik.i}$
1	1,14	18°	1	0,88	0,97

Se constată că pentru o anumită valoare a raportului efectiv de scurtcircuit, denumită valoare critică - *CESCR*, indicatorul *VSI* devine infinit şi apoi îşi schimbă semnul. În consecinţă, în cadrul strategiei de control putere constantă funcţionarea sistemului mixt CA-CC este stabilă, dacă raportul efectiv de scurtcircuit este mai mare decât valoarea critică *CESCR*, adică valoarea indicatorului *VSI* este pozitivă.

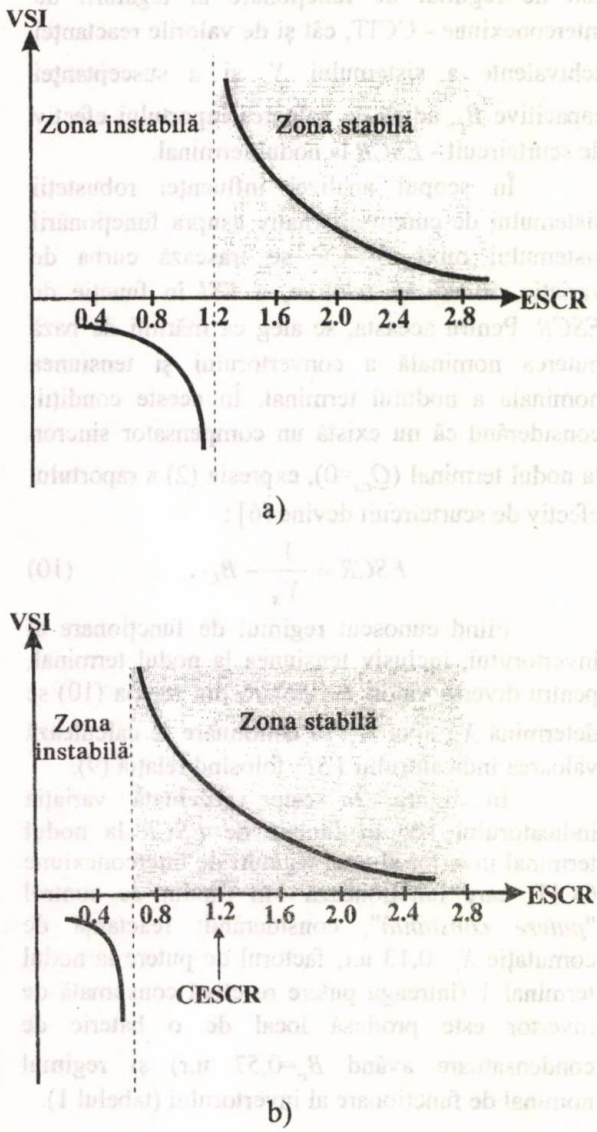


Fig. 2. Variaţia indicatorului VSI în funcţie de valoarea efectivă a raportului de scurtcircuit: a) fără compensator static; b) în prezenţa compensatorului static.

3. Influenţa compensatorului static

Una dintre modalităţile de îmbunătăţire a condiţiilor de stabilitate de tensiune o constituie folosirea compensatorului static. Acesta controlează tensiunea la nodul terminal prin intermediul unui regulator de tensiune, care comandă modificarea susceptanţei B_c în funcţie de abaterea de tensiune ΔU_k [8]. Astfel, regulatorul va comanda creşterea valorii susceptanţei B_c când valoarea tensiunii scade ($\Delta U_k < 0$) şi, respectiv, scăderea acesteia când valoarea tensiunii creşte ($\Delta U_k > 0$). Prin urmare, prezenţa SVC-ului poate fi modelată, în regim static, prin relaţia:

$$\Delta B_c = -k_{SVC}\Delta U_k . \qquad (11)$$

În aceste condiţii, pentru a calcula valoarea indicatorului VSI se consideră:

$$\begin{cases} [\Delta x] = [\Delta U_k, \Delta\theta_k, \Delta I_d]^t \\ [\Delta u] = [0,0,0,0,-k_{SVC}\Delta U_k, 0, \Delta Q]^t \end{cases} \qquad (12)$$

şi se rezolvă sistemul de ecuaţii liniare (6).

Se obţine:

$$VSI \cong \frac{\Delta U_k}{\Delta Q} = \frac{\partial P_{cc}}{\partial I_d}\frac{\partial P_{ca}}{\partial \theta_k} \Big/ \left(\det[J_x] + A_{SVC}\right), \qquad (13)$$

în care:

$$A_{SVC} = -k_{SVC}\frac{\partial Q_{ca}}{\partial B_c}\frac{\partial P_{ca}}{\partial \theta_k}\frac{\partial P_{cc}}{\partial I_d} . \qquad (14)$$

Deoarece, pentru condiţii de funcţionare reale A_{SVC} are valori pozitive, din relaţia (14) rezultă că prezenţa SVC-ului îmbunătăţeşte condiţiile de stabilitate ale sistemului mixt CA-CC prin extinderea zonei de funcţionare stabilă dincolo de valoarea critică a raportului efectiv de scurtcircuit - *CESCR*. Pentru a ilustra acest fapt, în figura 2 *b* este prezentată variaţia valorii *VSI* în funcţie de *ESCR*, obţinută pentru cazul în care tensiunea la nodul terminal al invertorului este controlată de un compensator static. Pentru trasarea curbei de variaţie s-a considerat că regulatorul de tensiune al SVC-ului modifică susceptanţa B_c cu 0,05 u.r. când tensiunea variază cu 5%, adică k_{SVC}=1u.r./u.r.

Concluzii

Folosind un model matematic bazat pe ecuaţiile bilanţului de puteri, în lucrare sunt analizate stabilitatea de tensiune şi mijloacele de îmbunătăţire ale acesteia la nodurile terminale ale unei legături de interconexiune asincronă la tensiune continuă.

Studiul efectuat evidenţiază faptul că pentru strategia de control putere constantă, adoptată pentru majoritatea legăturilor de interconexiune CCIT, la nodul terminal invertor apar probleme de stabilitate a controlului U-Q, atunci când sistemul receptor de curent alternativ este slab, adică puterea lui de scurtcircuit este comparabilă cu puterea nominală a convertorului. Astfel, simulările numerice realizate în MATLAB, considerând cazul unui invertor care funcţionează în regim nominal şi la un factor de putere unitar, confirmă faptul că pentru valori ale raportului

efectiv de scurtcircuit mai mici decât o valoare critică *CESCR*, egală cu aproximativ 1,2 u.r., se pierde controlul U-Q, în sensul că o injecţie de putere reactivă are un efect contrar, determinând scăderea nivelului de tensiune. Includerea unui compensator static, pentru controlul tensiunii la nodul terminal, îmbunătăţeşte substanţial condiţiile de stabilitate prin reducerea valorii critice a raportului efectiv de scurtcircuit şi deci mărirea zonei de stabilitate.

Metoda de analiză prezentată are un caracter general, iar rezultatele obţinute în cadrul lucrării constituie doar un exemplu al aplicabilităţii ei. Pentru viitor, autorii au în vedere utilizarea acestei metode pentru a analiza răspunsul dinamic al ansamblului legătură CCIT-SVC, precum şi stabilitatea reglajului tensiunii cu ajutorul ploturilor transformatoarelor staţiilor de conversie.

ANEXA 1

Ecuaţiile de funcţionare ale sistemului mixt CA - CC

- U_{di} - tensiunea continuă la bornele invertorului:

$$U_{di} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} N_{ik,i} U_k \cos\gamma - \frac{3}{\pi} X_c I_d . \qquad \text{(A1.1)}$$

- I_d - curentul pe legătura CCIT;
- γ - unghiul de blocare al invertorului;
- X_{ci} - reactanţa inductivă de comutaţie;
- $N_{ik,i}$ - raportul de transformare;
- P_{di} - puterea injectată în invertor de linia de transport la tensiune continuă;

$$P_{di} = U_{di} I_d ; \qquad \text{(A1.2)}$$

- $\underline{S}_{cc} = P_{cc} + jQ_{cc}$ - puterea aparentă injectată de invertor în nodul terminal. Dacă se neglijează pierderile de putere activă în invertor se obţine:

$$\begin{cases} P_{cc} = P_{di} = U_{di} I_d = \dfrac{3\sqrt{2}}{\pi} N_{ik,i} U_k I_d \cos\gamma - \dfrac{3}{\pi} X_{ci} I_d^2 \\ S_{cc} = \sqrt{3} U_k I_k = \dfrac{3\sqrt{2}}{\pi} U_k N_{ik,i} I_d \\ Q_{cc} = \sqrt{S_{cc}^2 - Q_{cc}^2} \end{cases} \qquad \text{(A1.3)}$$

în care: $I_k = \dfrac{\sqrt{6}}{\pi} I_d N_{ik,i}$ este componenta pe armonica fundamentală a curentului în secundarul transformatorului invertorului.

- $\underline{U}_k = U_k \angle \theta_k$ - fazorul tensiunii la nodul terminal;
- B_c - susceptanţa capacitivă a bateriei de condensatoare şi a filtrelor de armonice;
- $\underline{U}_s = U_s \angle 0$ - fazorul tensiunii echivalentului Thevenin al sistemului de CA;
- $S_{ca} = P_{ca} + jQ_{ca}$ - puterea aparentă injectată în sistemul de curent alternativ la nodul terminal, inclusiv puterea reactivă debitată de bateria de condensatoare şi filtrele de armonice.

$$\begin{aligned} P_{ca} &= \frac{U_k U_s}{X_s} \sin\theta_k \\ Q_{ca} &= \frac{U_k^2}{X_s} - \frac{U_k U_s}{X_s} \cos\theta_k - B_c U_k^2 \end{aligned} \qquad \text{(A1.4)}$$

- $S = P + jQ$ - puterea aparentă injectată suplimentar în nodul terminal. În regim normal de funcţionare P şi Q sunt zero, dar au fost introduse pentru a facilita calculul sensibilităţilor tensiunii la variaţii ale puterii injectate în nod.

ANEXA 2

Structura matricelor Jacobian $[J_x]$ şi $[J_u]$

Având în vedere relaţiile (3) ce definesc funcţionarea sistemului mixt CA-CC şi expresiile (A1.3) şi (A1.4) ale puterilor nodale, structura matricelor Jacobian $[J_x]$ şi $[J_u]$ este:

$$[J_x] = \begin{bmatrix} -\dfrac{\partial P_{cc}}{\partial U_k} & 0 & -\dfrac{\partial P_{cc}}{\partial I_d} \\ \dfrac{\partial P_{cc}}{\partial U_k} - \dfrac{\partial P_{ca}}{\partial U_k} & -\dfrac{\partial P_{ca}}{\partial \theta_k} & \dfrac{\partial P_{cc}}{\partial I_d} \\ -\left(\dfrac{\partial Q_{cc}}{\partial U_k} - \dfrac{\partial Q_{ca}}{\partial U_k}\right) & -\dfrac{\partial Q_{ca}}{\partial \theta_k} & -\dfrac{\partial Q_{ca}}{\partial I_d} \end{bmatrix} \qquad \text{(A2.1)}$$

$$[J_u] = \begin{bmatrix} 1 & -\dfrac{\partial P_{cc}}{\partial \gamma} & -\dfrac{\partial P_{cc}}{\partial N_{ik,i}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \dfrac{\partial P_{cc}}{\partial \gamma} & \dfrac{\partial P_{cc}}{\partial N_{ik,i}} & -\dfrac{\partial P_{ca}}{\partial U_s} & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -\dfrac{\partial Q_{cc}}{\partial \gamma} & -\dfrac{\partial Q_{cc}}{\partial N_{ik,i}} & -\dfrac{\partial Q_{ca}}{\partial U_s} & -\dfrac{\partial Q_{ca}}{\partial B_c} & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \text{(A2.2)}$$

ANEXA 3

Calculul variaţiei ΔU_k la variaţia puterii reactive ΔQ

a) în absenţa SVC

Având în vedere relaţiile (7) şi (A2.2), sistemul de ecuaţii liniare (6) devine:

$$\begin{bmatrix} J_x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta U_k \\ \Delta \theta_k \\ \Delta I_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -\Delta Q \end{bmatrix} \quad \text{(A3.1)}$$

din care, aplicând regula lui Cramer, se determină:

$$\Delta U_k = \frac{1}{\det\left[J_x\right]} \frac{\partial P_{cc}}{\partial I_d} \frac{\partial P_{ca}}{\partial \theta_k} \Delta Q; \quad \text{(A3.2)}$$

b) în prezenţa SVC

Având în vedere relaţiile (12) şi (A2.2), sistemul de ecuaţii liniare (6) devine:

$$\begin{bmatrix} J'_x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta U_k \\ \Delta \theta_k \\ \Delta I_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -\Delta Q \end{bmatrix} \quad \text{(A3.3)}$$

în care $[J'_x]$ este matricea Jacobian modificată, obţinută prin însumarea termenului $k_{SVC} \frac{\partial Q_{ca}}{\partial B_c}$ la elementul J_{31} al matricei $[J_x]$. Sistemul de ecuaţii (A3.3) este similar cu sistemul (A3.1) şi prin urmare

$$\Delta U_k = \frac{1}{\det\left[J'_x\right]} \frac{\partial P_{cc}}{\partial I_d} \frac{\partial P_{ca}}{\partial \theta_k} \Delta Q. \quad \text{(A3.4)}$$

Ţinând cont de modificarea survenită în matricea Jacobian $[J_x]$, se demonstrează că:

$$\det\left[J'_x\right] = \det\left[J_x\right] - k_{SVC} \frac{\partial Q_{ca}}{\partial B_c} \frac{\partial P_{ca}}{\partial \theta_k} \frac{\partial P_{cc}}{\partial I_d} \quad \text{(A3.5)}$$

BIBLIOGRAFIE

[1] Edris, A. *Controllable VAr Compensator: A potential Solution to Loadability Problem of Low Capacity Power Systems.* In: IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 2, No. 3, pp. 561-567, August 1987.

[2] Potolea, E., Tudose, M. *Sisteme electroenergetice*, Litografia IPB, 1988.

[3] Frankén, B., Andersson, G. *Analysis of HVDC Converters Conected to Weak AC Systems.* In: IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 5, No. 1, pp. 235- 242, February 1990.

[4] Kundur, P. *Power System Stability and Control*, McGraw-Hill, New-York, 1993.

[5] Van Hecke, J. et all, *Indices predicting Voltage Collapse including Dynamic Phenomena.* CIGRE Task Force 38.02.11, June 1994.

[6] Taylor, C. W. *Power System Voltage Stability*, McGraw-Hill, New-York, 1994.

[7] Andersson, G. *Analysis of Voltage/Power Stability of Series Compensated HVDC Convertors.* ABB Power Systems - Technical Report, 1995.

[8] Eremia, M. *Tehnici noi în transportul energiei electrice. Aplicaţii ale electronicii de putere.* Editura Tehnică, Bucureşti 1997.

Referent: prof. dr. ing. Eugeniu Potolea - Universitatea "POLITEHNICA", Bucureşti

(Primit la 17 februarie 1997, acceptat la 15 aprilie 1997)

MODELAREA COMPENSATOARELOR STATICE PENTRU SIMULAREA PERFORMANŢELOR DINAMICE

ing. CORNEL ALDEA , ing. CRISTINA POPESCU*

Articolul descrie modelele şi cerinţele pentru reprezentarea mai detaliată a compensatoarelor statice var. În plus, sunt date modul de implementare în programele de stabilitate tranzitorie, regim permanent şi programele dinamicilor pe termen mediu.

This paper presents description and model requirements for more detailed representatios for static var compensator. In addition to transient stability program modelling, requirements for power flow and medium term dynamics programs are given.

Descriptori: compensatoare statice var, FACTS, stabilitate dinamică

Introducere

În contextul cererii crescânde de putere pe liniile existente, al limitărilor termice , mecanice şi dielectrice care apar, al necesităţii instituirii unui control rapid al parametrilor liniilor, a apărut conceptul de sistem flexibil, în a doua jumătate a deceniului 8, concept care are la bază utilizarea semiconductoarelor.

În ultimii ani s-au produs progrese notabile în ceea ce priveşte electronica de putere. Noile tehnologii în plină dezvoltare fac posibil controlul circulaţiilor de puteri şi tensiuni cu ajutorul unor dispozitive care nu conţin părţi acţionate mecanic şi care au o viteză de răspuns foarte mare.

În căutarea unor răspunsuri la problemele tot mai arzătoare legate de dirijarea fluxurilor de putere pe anumite axe de transport, de evitarea construirii de noi linii, precum şi ţinând seama de progresele înregistrate în domeniul electronicii de putere, EPRI propune în 1985 realizarea unor studii cu privire la:

⇒ cauzele limitărilor ce survin în transportul energiei electrice;

⇒ soluţii tehnice existente deja în funcţiune în lume pentru eliminarea acestor limitări;

⇒ problemele de stabilitate şi curenţi de defect care apar datorită interconexiunilor complexe;

⇒ înlocuirea echipamentelor clasice cu echipamente moderne;

⇒ cercetările ce trebuie întreprinse în domeniul transportului de energie.

Tot EPRI a iniţiat în 1989 un program cuprinzător, cu scopul de a dezvolta un **sistem flexibil de transport în curent alternativ (FACTS).**

Scopul major al sistemelor flexibile este **să dezvolte dispozitive care să controleze circulaţia de putere prin schimbarea rapidă a impedanţei liniei de transport sau a fazei tensiunii.**

O caracteristică esenţială a dispozitivelor care realizează controlul tensiunii, al impedanţei, unghiului tensiunii şi puterii active şi reactive este **timpul foarte scurt de răspuns.**

Folosirea unor tehnologii de tip FACTS, cu timpi de răspuns foarte mici, duce la atenuarea fenomenelor de instabilitate tranzitorie şi dinamică, de rezonanţe subsincrone.

În cadrul conceptului FACTS cele mai importante dispozitive avute în vedere sunt:

- compensatoarele statice de putere reactivă (SVC);
- capacităţile sau reactoarele serie controlate de tiristoare (CSC, ASC);
- regulatoarele pentru unghiul pe fază controlate cu tiristoare (LFC).

* Grupul de Studii, Cercetare şi Inginerie, Centrul de Cercetare, Bucureşti

Noua generaţie de FACTS, aşa-numitele **dispozitive FACTS avansate,** pentru care există preocupări în prezent, se bazează pe utilizarea convertoarelor cu comutaţie forţată. Caracteristic pentru acest tip de dispozitive este faptul că nu mai conţin baterii de condensatoare sau bobine de reactanţă, ci acestea sunt simulate electronic. Dintre cele mai reprezentative dispozitive FACTS avansate se pot enumera:

- compensatoarele serie sau shunt avansate (ASVC, ACSC);
- sisteme de control unificate ale circulaţiilor de putere (UPFC);
- limitatoare de curent şi de tensiune controlate cu tiristoare.

Trebuie precizat că dintre dispozitivele FACTS prezentate mai sus numai compensatoarele statice de putere reactivă (SVC) sunt utilizate în prezent pe scară largă în sistemele energetice.

Utilizarea dispozitivelor FACTS în sistemul energetic al Romaniei poate da soluţii şi la următoarele probleme de mare importanţă şi actualitate:

- eliminarea declanşărilor de linii în gol de sarcină ;
- dirijarea circulaţiilor prin liniile de interconexiune cu sistemele din UCPTE.

Pentru a testa avantajele utilizării dispozitivelor FACTS de tip SVC în creşterea stabilităţii statice sau în amortizarea oscilaţiilor electromecanice, s-a optat pentru introducerea acestor modele în programul TEMI. Acest program poate simula regimuri tranzitorii ale sistemelor electroenergetice pe durate medii de timp.

În continuare, se prezintă rezultatele testelor realizate cu programul TEMI, utilizând modele SVC pe un sistem electroenergetic test, care păstrează principalele caracteristici ale SEN, fiind de fapt un sistem obţinut prin echivalare şi reducere a unei scheme de calcul a SEN.

Caracteristici principale ale programului TEMI

Se vor trece în revistă principalele caracteristici ale programului TEMI, program elaborat de către un colectiv de cercetători din ICEMENERG începând cu anul 1980, când a fost implementat şi la dispecerul energetic naţional [2].

Programul TEMI de calcul al regimurilor tranzitorii pe termen mediu, se bazează pe modele dinamice valabile pe termen mediu (durate de până la 30 secunde), fiind destinat să evidenţieze atât efectele deficitelor sau excedentelor pronunţate de puteri active şi reactive asupra stării sistemului, cât şi condiţiile de păstrare a sincronismului dintre generatoare.

Durata intervalului de simulare, de câteva zeci de secunde, corespunde ipotezei de bază, conform căreia, procesul tranzitoriu este determinat în primul rând de caracteristicile intrinseci ale sistemului, şi mai puţin de intervenţia operatorului uman.

Complexitatea deosebită a problemei a impus găsirea unor procedee de modelare, care să asigure păstrarea volumului de date şi de calcul în limite rezonabile: neglijarea variaţiei în timp a unor parametri a căror viteză de variaţie nu se înscrie în plaja care caracterizează deplasarea procesului în studiu, paşi de calcul diferiţi funcţie de viteza de variaţie a parametrilor modelelor, simplificarea structurii sistemului pe baza procedeelor Analizei Nodale-Dimo etc.

Printre principalele aplicaţii ale programului se pot enumera:

- stabilirea sau verificarea criteriilor şi condiţiilor de sistem, precum şi a caracteristicilor de acţionare, ale automaticilor de siguranţă a regimului SEN (cu luarea în considerare a caracteristicilor reale ale consumatorilor şi generărilor, a unui număr important de parametri care caracterizează regimul sistemului);
- analiza unor incidente reale din sistem, în scopul depistării cauzelor care le-au generat şi a măsurilor de prevenire a acestora în viitor (studiile pot fi efectuate plecând de la succesiuni de evenimente prestabilite, care simulează defecte, declanşări intempestive în sistem, acţiuni ale personalului, adoptându-se diverse ipoteze asupra caracteristicilor instalaţiilor);
- analiza efectelor asupra siguranţei regimului SEN, ce rezultă din funcţionarea instalaţiilor energetice la anumiţi parametri (influenţa unor scheme sau parametri de reglaj, funcţionarea incorectă sau nefuncţionarea regulatoarelor, influenţa mărimii rezervelor de putere, influenţa calităţii serviciilor auxiliare, efectele reglajului de tensiune la consumatori etc.);
- studiul posibilităţilor de funcţionare izolată a unor zone sau insule ale sistemului;

- analiza condiţiilor de interconectare cu sistemul a sistemelor vecine.

Actuala versiune a programului TEMI conţine şi interfaţa grafică dezvoltată sub sistemul WINDOWS'95.

Implementarea modelelor dispozitivelor de comandă şi reglaj ale SVC

Din meniul principal al interfeţei grafice (IG) a programului TEMI (fig.1), apelând aceeaşi funcţie "DATE" (care permite introducerea prin editare a datelor de intrare necesare simulării) este permis accesul la funcţia "FACTS", care va deschide un meniu secundar.

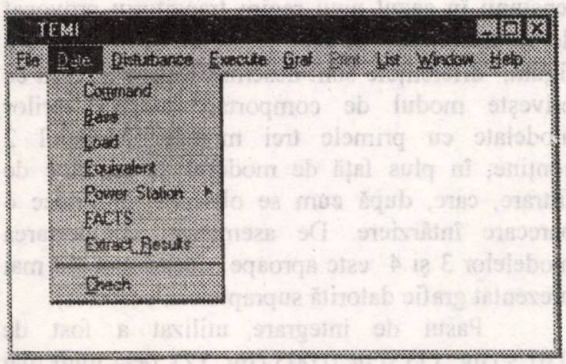


Fig.1.

Sub acest meniu secundar se vor executa toate operaţiile de editare a datelor necesare modelelor de comandă şi reglaj FACTS (fig.2).

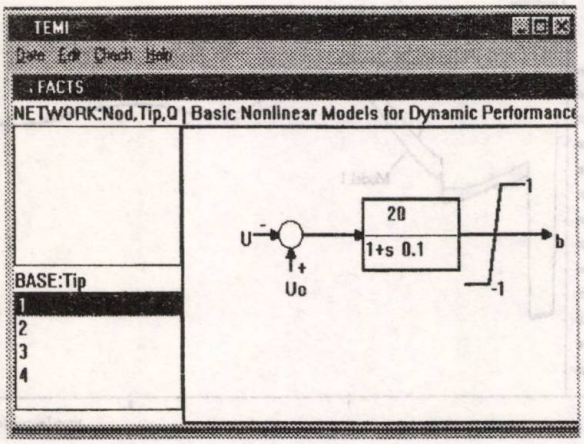


Fig.2.

Această abordare grafică permite ca valorile tuturor parametrilor să fie editate (scrise şi/sau modificate) pe schema bloc cu funcţii de transfer a modelelor de comandă şi reglaj ale dispozitivelor FACTS.

În fereastra "BASE DATE" sunt listate numele tipurilor de modele de comandă şi reglaj, din care utilizatorul poate selecta tipul dorit. S-au introdus patru tipuri, notate cu cifrele 1; 2; 3; 4.

Primele două modele sunt constituite numai din modelul regulatorului de tensiune propriu (fig.3 şi fig.4).

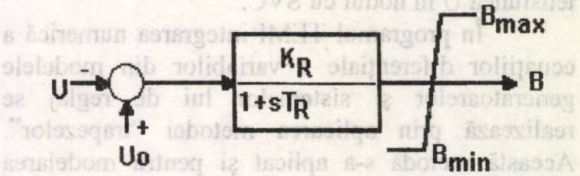


Fig.3. Modelul 1.

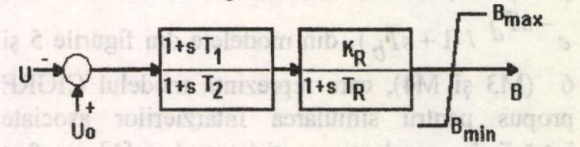


Fig.4. Modelul 2.

Modelele 3 şi 4 (fig.5 şi fig.6) sunt modele de bază, recomandate de grupul de lucru IEEE, care a realizat o lucrare cu scopul de a elabora modele pentru calculul regimului permanent şi simulări ale performanţelor dinamice [1].

Aceste modele permit să se obţină la ieşire variaţia susceptanţei (B în figură), fie în funcţie de tensiunea U a nodului în care este instalat dispozitivul SVC pentru primele două modele, fie în funcţie de tensiune şi curent (U, respectiv I) în nodul ales.

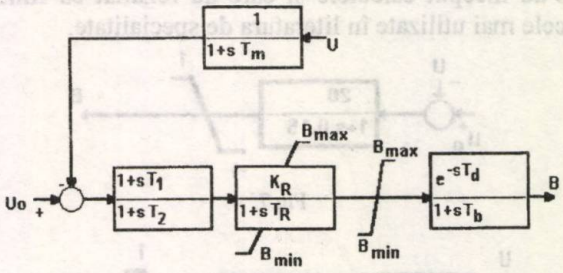


Fig.5. Modelul 3.

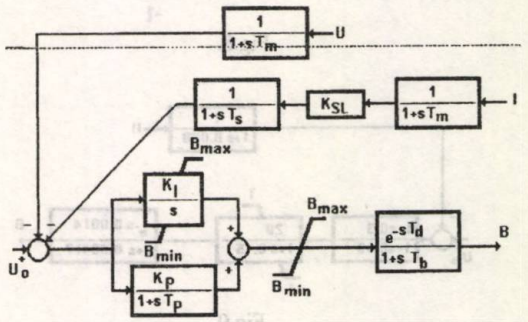


Fig.6. Modelul 4.

Modelarea SVC s-a făcut prin funcţia $Q=Q(U)$, dată de relaţia $Q=-BU^2$. Derivata parţială $\frac{\partial Q}{\partial U}$ este introdusă în matricea jacobian şi se va actualiza la fiecare iteraţie, în funcţie de tensiunea U în nodul cu SVC.

În programul TEMI integrarea numerică a ecuaţiilor diferenţiale a variabilor din modelele generatoarelor şi sistemelor lui de reglaj se realizează prin aplicarea metodei "trapezelor". Această metodă s-a aplicat şi pentru modelarea comportării SVC. Modelele din figurile 3 şi 4 (M1 şi M2) sunt lineare; blocul nelinear de forma: $e^{-sT_d}/(1+sT_b)$, din modelele din figurile 5 şi 6 (M3 şi M4), care reprezintă modelul CIGRE propus pentru simularea întârzierilor asociate intrării în conducţie a tiristoarelor [1], a fost linearizat utilizând numai primii doi termeni din dezvoltarea în serie Taylor a funcţiei e.

Linii directoare pentru studii preliminare

În studiile de simulare a stabilităţii, dispozitivele SVC, pot fi modelate cu limite largi, pentru a determina valorile nominale cerute pentru puterea reactivă.

În figurile 7 - 10 se prezintă, pe schemele bloc ale celor patru modele de regulator de tensiune al dispozitivelor SVC, valorile cu care s-au început calculele şi care au rezultat ca fiind cele mai utilizate în literatura de specialitate.

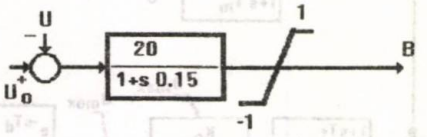


Fig.7.

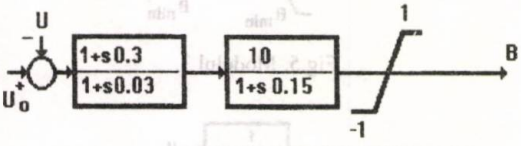


Fig.8.

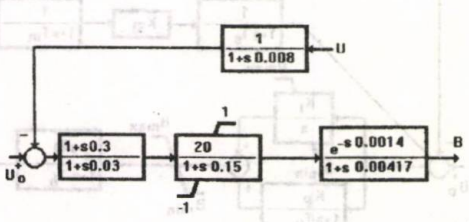


Fig.9

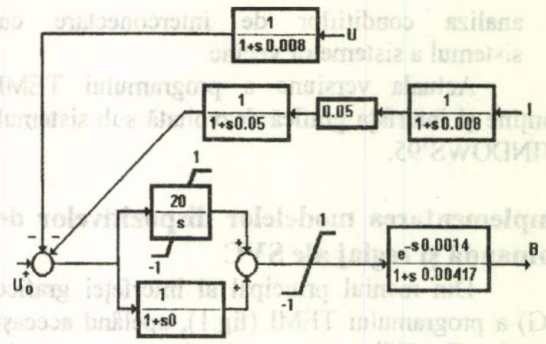


Fig.10

Pentru a face o comparaţie între primele trei modele în figura 11 se prezintă evoluţia tensiunii în cazul unui regim tranzitoriu provocat de un scurtcircuit trifazat. Aşa cum se observă din figură, diferenţele sunt nesemnificative în ceea ce priveşte modul de comportare al SVC-urilor modelate cu primele trei modele. Modelul 2 conţine, în plus faţă de modelul 1, un bloc de filtrare, care, după cum se observă, introduce o oarecare întârziere. De asemenea, comportarea modelelor 3 şi 4 este aproape aceeaşi (nu s-a mai prezentat grafic datorită suprapunerii curbelor).

Pasul de integrare utilizat a fost de 0.01 s (fig. 11) şi de 0.005 (fig. 12), deci mult mai mare decât cea mai mică constantă de timp din model şi totuşi nu se observă oscilaţii datorate pasului de integrare.

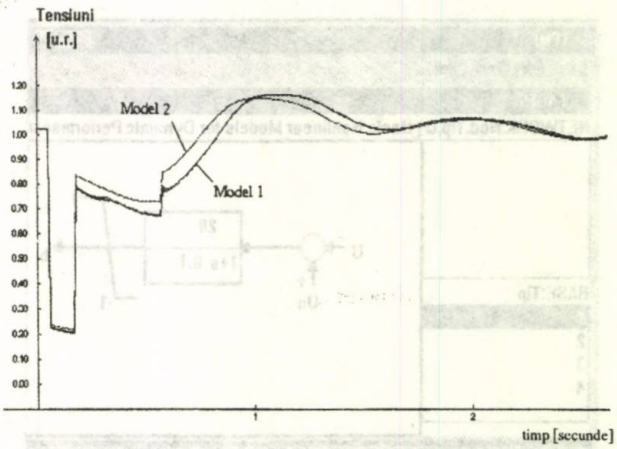


Fig.11. Scurtcircuit trifazat lângă Porţile de Fier pe LEA 400 kV Urecheşti.

Parametrii cu valorile cele mai mici sunt introduşi de modelul matematic al modulului susceptanţei controlate prin tiristoare. Funcţia de transfer a acestui modul (fig. 5 şi 6), conţine cei doi parametri:

- T_d, care reprezintă timpul de întârziere a deschiderii porţii tiristorului, cu valori în jur de o milisecundă;

- T_b, care reprezintă timpul de comandă a aprinderii, cu o valoare în plaja 3 - 6 ms.

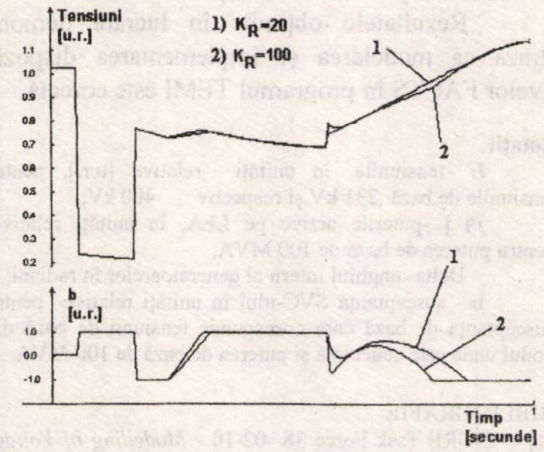


Fig.12. Scurtcircuit trifazat lângă Porţile de Fier pe LEA 400 kV Urecheşti.

Această funcţie de transfer a fost introdusă pentru o mai mare acurateţe. Ea este o reprezentare aproximativă a sistemului de comandă şi a constrângerilor fizice, care apar în momentul în care intrarea în conducţie a tiristorului este posibilă [1].

Deoarece se vor analiza regimuri de funcţionare ale SEN cu constante de timp mult mai mari decât constantele de timp proprii ale funcţiilor de transfer ale modelelor echipamentelor, modulul susceptanţei controlate prin tiristoare nu s-a mai luat în considerare.

Pasul de integrare utilizat pentru simulările prezentate în figurile 13 şi 14 a fost de 0.05 s.

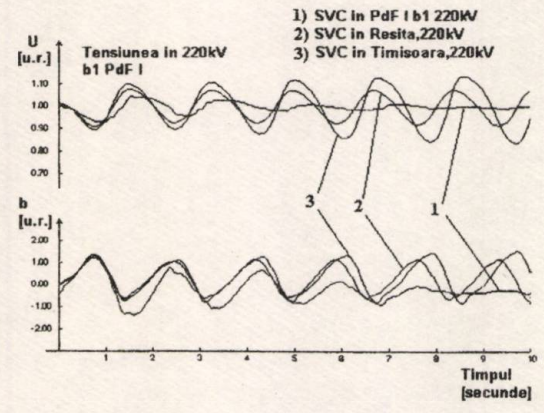


Fig.13. Declanşarea AT1 400 - 200 kV Porţile de Fier I. LEA 220 kV Timişara - Mintia indisponibilă.

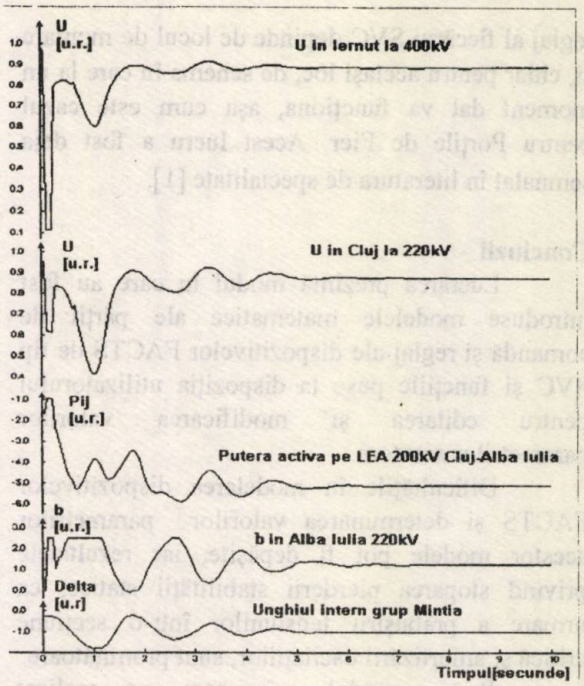


Fig. 14 . Scurtcircuit lângă Iernut pe LEA 400 kV Iernut - Sibiu.

Dacă, totuşi se doreşte un răspuns extrem de rapid, acest modul va fi utilizat în programe care simulează fenomene ale sistemelor electroenergetice cu constante de timp comparabile cu cele ale modulului.

Parametrul a cărui valoare s-a dovedit de cea mai mare importanţă este coeficientul de amplificare K_R, a cărui valoare trebuie acordată funcţie de "slăbiciunea" nodului de sistem. Astfel, în figura 12 se prezintă comportarea unui SVC pentru două valori ale lui K_R, anume de 20 şi 100, şi nu se observă diferenţe de comportare la un scurtcircuit pe LEA Porţile de Fier - Urecheşti. Nu acelaşi lucru s-a produs atunci când s-a abordat simularea unui scurtcircuit pe AT1 din Porţile de Fier, când a fost necesar să se reducă K_R la valoarea de 10 şi s-a crescut valoarea lui T_1 de la 0.3 la 0.5 (vezi fig. 4 şi 8), aşa cum se observă în figura 13 curbele trasate pentru montarea SVC-ului în Porţile de Fier I.

La simularea comportării unui SVC în Alba Iulia s-a observat că, dacă se lucrează cu valori pentru K_R de 20 şi T_1 de 0.3, se obţine o comportare similară (fig. 14) pentru un SVA cu puterea maximă de 250 Mvar.

Aceste câteva exemplificări demonstrează că acordarea parametrilor părţii de comandă şi

reglaj al fiecărui SVC depinde de locul de montare şi, chiar pentru acelaşi loc, de schema în care la un moment dat va funcţiona, aşa cum este cazul pentru Porţile de Fier. Acest lucru a fost deja semnalat în literatura de specialitate [1].

Concluzii

Lucrarea prezintă modul în care au fost introduse modelele matematice ale părţii de comandă şi reglaj ale dispozitivelor FACTS de tip SVC şi funcţiile puse la dispoziţia utilizatorului pentru editarea şi modificarea valorilor parametrilor acestora.

Dificultăţile în modelarea dispozitivelor FACTS şi determinarea valorilor parametrilor acestor modele pot fi depăşite, iar rezultatele privind stoparea pierderii stabilităţii statice, ca urmare a prăbuşirii tensiunilor într-o secţiune critică şi amortizării oscilaţiilor, sunt promiţătoare.

Prin modul în care s-a realizat introducerea datelor pentru dispozitivele FACTS, precum şi prin facilitatea mare cu care toate valorile din schemele bloc cu funcţii de transfer ale părţii de comandă şi reglaj pot fi modificate, operarea cu programul TEMI s-a dovedit foarte eficientă în realizarea simulării de regimuri.

Simulările efectuate demonstrează că utilizarea dispozitivelor FACTS permite evitarea pierderii stabilităţii sistemului, fără să fie nevoie să se reducă puterea furnizată sau slăbirea reţelei de transport.

În prezent, în situaţii similare, în SEN acţionează automatici de sistem antiavarie, care duc la declanşarea de linii şi/sau de grupuri, sistemul funcţionând în condiţii de avarie.

Rezultatele obţinute în lucrare demonstrează că modelarea şi implementarea dispozitivelor FACTS în programul TEMI este corectă.

Notaţii

U -tensiunile, în unităţi relative [u.r.], pentru tensiunile de bază 231 kV şi respectiv 400 kV;

Pi j -puterile active pe LEA, în unităţi relative, pentru puterea de bază de 100 MVA;

Delta -unghiul intern al generatoarelor în radiani;

b - susceptanţa SVC-ului în unităţi relative pentru susceptanţa de bază care corespunde tensiunii de bază din nodul unde este conectată şi puterea de bază de 100 MVA.

BIBLIOGRAFIE

[1] CIGRE Task Force 38 -02-10 - *Modelling of Voltage Collapse Including Dynamic Phenomena*, 1993.

[2] Constantinescu, J. *Midterm transient processes with Dimo-REI models.* In: Rev. Roum. Sci. Techn., tome 28, no.1, 1983.

[3] IEEE Task Force - *Proposed Terms and Definitions for Power System Stability.* In: IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, Vol PAS-101, pp.1894 - 1898, Iulie 1982;

Referent : dr. ing. Sebastian Ionescu - ISPE, Bucureşti

(Primit la 17 februarie 1997, acceptat la 12 mai 1997)

UNIFIED POWER FLOW CONTROLLER AS MEAN FOR POWER FLOW CONTROL

CONTROLUL UNIFICAT AL CIRCULAŢIILOR DE PUTERE CU AJUTORUL UPFC

Prof. dr. R. MIHALIČ
Faculty of Electrical Engineering, Trzaska 25, 1000 Ljubljana, Slovenia

Controlul circulaţiei de putere în sistemele electroenergetice este unul din factorii cruciali care afectează dezvoltarea sistemelor de putere moderne.

UPFC este considerat ca un mijloc pentru controlul circulaţiilor de putere. Sunt explicate principiile de funcţionare de bază ale UPFC şi modelul matematic. Pe exemplul a două linii în paralel este arătat cum poate fi crescută capacitatea de transport. Utilizând UPFC în reţeaua dezvoltată buclat circulaţia de putere prin sistemul "extern" poate fi evitată fără deconectarea liniei. Mai mult, aplicând simularea numerică în sistemul test buclat UPFC a fost folosit pentru a controla trei parametri de sistem în condiţii dinamice.

The load flow control in electric power systems is one of the crucial factors affecting the development of modern power systems. The unified power flow controller (UPFC) is considered as a means for power flow control. First, the basic UPFC operating principles and mathematical model are explained. On the example of two parallel lines it is shown how transmission capability can be enhanced. Using UPFC in the loop formed network the power flows through the "foreign" system can be avoided without line disconnection. Further, applying digital simulation in the test meshed system UPFC was used to control three system parameters under dynamic conditions.

Descriptori: controlul circulaţiilor de putere, controlorul unificat al circulatiei de putere, FACTS, transport la tensiune continuă

1. Introduction

Due to problems regarding new rights of ways, and the need to increase transmitted power along the existing transmission facilities, the need for power flow control in the electrical power systems has become evident. Proper load sharing among transmission lines may be a solution for problems concerning loop flows, parallel flows, line overloading, etc. Power system should adapt to momentary system conditions, i.e. power system should be flexible. The idea of the so-called Flexible AC Transmission System (FACTS) has been introduced in the 80s by EPRI. FACTS is based on power electronic equipment, including appropriate control, advanced control centers and communication links. Some FACTS devices controlled by power thyristors such as, for example: Static Var Compensator or Controlled Series Compensation (CSC), have been already used, or their prototypes have been put into operation. The development of power semiconductor devices with turn-off capability (GTO, MCT, IGBT) opens up new perspectives in the development of FACTS equipment. The universal and most flexible device seems to be the

1. Introducere

Datorită problemelor privind noi culoare şi necesităţii de a creşte puterea transportată prin liniile existente, a devenit evidentă necesitatea controlului circulaţiilor de putere în sistemele de putere electroenergetice .

Distribuţia sarcinii în mod corespunzător de-a lungul liniilor de transport poate fi o soluţie pentru problemele privind circulaţia în bucle, circulaţii paralele, supraîncărcarea liniilor etc. Sistemul electroenergetic (SE) trebuie să se adapteze la condiţiile de funcţionare momentane, adică trebuie să fie flexibil. Ideea aşa-numitelor sisteme de transport flexibile în curent alternativ (FACTS) a fost introdusă în anii '80, de către EPRI. FACTS se bazează pe echipament electronic de putere, incluzând comanda corespunzătoare, centre de comandă avansate şi linii de comunicaţie. Unele dispozitive FACTS comandate cu tiristoare de putere, cum ar fi, de exemplu: compensatoare statice (var) sau compensatoare serie comandate (CSC), sunt deja utilizate, sau prototipurile lor au fost puse în funcţiune. Dezvoltarea dispozitivelor cu semiconductoare de putere cu posibilităţi de stingere (GTO, MCT, IGBT) deschide prespective

Unified Power Flow Controller (UPFC). This device can independently control more (three) parameters, thus combining the properties of a static compensator (StatCom), CSC and phase angle regulator [1]. The objective of this paper is to investigate how the implementation of UPFC can affect the power flow in the system.

2. UPFC operating principles and model

Description of the general UPFC structure and operating principles are out of scope of this paper and are, for example, in detail described in [1,2]. However, in order to understand the UPFC mathematical model, the fundamental UPFC operating principles are described. The basic UPFC scheme is shown in Fig. 1. It consists of a parallel and series branch, each consisting of the transformer, the power electronic converter with turn-off capable semiconductor devices (e.g. GTOs) and the DC circuit. From the system point of view, one can assume the UPFC to be a phase shifting transformer (PST) with the possibility of fast and continuous control of the phase and magnitude of the series branch injected voltage phasor $\underline{U}_T$. The major difference between the UPFC and PST is that PST output and input active and reactive powers are balanced (losses are not taken into consideration), while the UPFC series and parallel branch can generate or absorb the reactive power independent of each other, the UPFC input and output active powers being balanced, of course. During operation the UPFC parallel branch performs two tasks. It provides the active power (current I_T), which is injected into the system via series branch (this power can be positive or negative) and it is assumed to be a StatCom (current I_q) [1]. The series branch voltage $\underline{U}_T$ is injected serially into the transmission line.

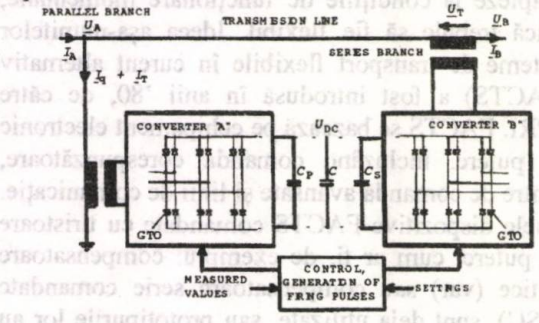


Fig. 1. General UPFC scheme .
Schema generală a UPFC-ului.

In contrast to other FACTS devices, UPFC has three independently controllable parameters, noi în dezvoltarea echipamentelor FACTS. Dispozitivul universal şi cel mai flexibil pare a fi controlorul unificat al circulaţiilor de putere (UPFC). Acest dispozitiv poate controla în mod independent mai mulţi parametri (trei), combinând astfel proprietăţile compensatorului static (StatCom), CSC şi regulatorul de unghi fazorial [1]. În articol se studiază modul în care implementarea unui UPFC poate afecta circulaţiile de putere în sistem.

2. Principiile de funcţionare şi modelul UPFC

Structura generală a UPFC şi principiile de funcţionare sunt descrise în detaliu în [1,2]. Totuşi, pentru a înţelege modelul matematic al UPFC, sunt descrise principiile fundamentale de funcţionare ale UPFC. Schema de baza UPFC este prezentată în figura 1. Ea constă într-o ramură în paralel şi una în serie, fiecare constituită dintr-un transformator, convertor electronic de putere cu dispozitive semiconductoare capabile de stingere (adică GTO) şi circuitul de curent continuu. Din punctul de vedere al sistemului, se poate presupune că UPFC este un transformator comutator de fază (PST), cu posibilitatea controlului rapid şi continuu al fazei şi amplitudinii fazorului de tensiune $\underline{U}_T$ injectat în ramura serie.

Diferenţa majoră între UPFC şi PST este că puterile active şi reactive de la intrare şi ieşire ale PST sunt egale (pierderile nu sunt luate în consideraţie), în timp ce ramurile serie şi parale ale UPFC pot genera sau absorbi putere independent una de cealaltă, puterile active de intrare şi ieşire ale UPFC fiind, desigur, egale. În timpul funcţionării ramura în paralel a UPFC realizează două sarcini. Ea asigură puterea activă (curentul I_T), injectată în sistem prin ramura în serie (această putere poate fi pozitivă sau negativă) şi este presupusă a fi un StatCom (curentul I_q) [1]. Tensiunea în ramură în serie $\underline{U}_T$ este injectată în serie în linia de transport.

În contrast cu alte dispozitive FACTS, UPFC are trei parametri controlabili în mod independent: amplitudinea şi faza tensiunii $\underline{U}_T$ (U_T şi φ_T) injectată în ramura serie şi curentul reactiv din ramura în paralel $\underline{I}_q$ (efectul StatCom), oferind astfel posibilitatea controlului independent pentru trei pametri ai sistemului electric.

Modelul matematic al UPFC descrie relaţiile matematice între parametrii controlabili ai UPFC şi parametrii electrici ai aşa-numitului "model de bază", prezentat în (fig. 2), în forma ecuaţiilor analitice. Cele două surse de tensiune şi cele două secţiuni în Π ale " modelului de bază"

which are the magnitude and the phase of the series branch injected voltage $\underline{U}_T$ (U_T and φ_T) and the reactive parallel branch current I_q ("StatCom effect"), and thus offers the possibility of independent control of the three electrical system parameters.

The mathematical UPFC model describes the mathematical relations between the three controllable UPFC parameters and the electric parameters of the so-called "basic model", shown in Fig. 2, in the form of analytical equations. The two voltage sources and the two Π sections of the "basic model" can be a representation of a longitudinal system consisting of generators, transformers, loads, series and/or parallel reactive elements etc. The proposed model offers a possibility of studying the relations between the electrical transmission system and UPFC. The model enables determination of the three controllable UPFC parameters in various operating conditions so as to optimize the UPFC impact on the system according to the defined requirements.

The UPFC model consists of a series voltage source $\underline{U}_T$ representing the UPFC series branch, the susceptance B_T representing the UPFC parallel branch "StatCom effect" and of the current source $\underline{I}_T$ representing the UPFC parallel branch active current. The voltage $\underline{U}_T$ magnitude and phase (U_T and φ_T) as well as the susceptance B_T magnitude can be controlled. The current source $\underline{I}_T$ balances the UPFC active power injected into the system by the series branch.

From the basic relations between electric quantities of the basic model the terminal currents can be expressed as real functions (1) of the system parameters and the UPFC controllable parameters U_T, φ_T and B_T [3]. Knowing functions f_{R0}, f_{I0}, f_{R2} and f_{I0}, other electrical quantities of the basic model can be easily calculated [3].

$$\mathrm{Re}(I_0) = f_{R0}(Abs(\underline{U}_k),\ \delta,\ \mathrm{Re}(Y_i),\ \mathrm{Re}(Z_j),\ \mathrm{Im}(Y_i),\ \mathrm{Im}(Z_j),\ U_T, \varphi_T, B_T)$$

$$\mathrm{Im}(\underline{I}_{I0}) = f_{IO}(Abs(\underline{U}_k),\ \delta,\ \mathrm{Re}(Y_i),\ \mathrm{Re}(Z_j),\ \mathrm{Im}(Y_i),\ \mathrm{Im}(Z_j),\ U_T, \varphi_T, B_T)$$

$$\mathrm{Re}(I_2) = f_{R2}(\mathrm{Abs}(\underline{U}_k),\ \delta,\ \mathrm{Re}(Y_i),\ \mathrm{Re}(Z_j),\ \mathrm{Im}(Y_i),\ \mathrm{Im}(Z_j),\ U_T, \varphi_T, B_T)$$

$$\mathrm{Im}(\underline{I}_2) = f_{I2}(\mathrm{Abs}(\underline{U}_k),\ \delta,\ \mathrm{Re}(Y_i),\ \mathrm{Re}(Z_j),\ \mathrm{Im}(Y_i),\ \mathrm{Im}(Z_j),\ U_T, \varphi_T, B_T)$$

$$i = 1,2,3,4;\ j = 1,2;\ k = 0,2;\ \delta = \mathrm{Arg}\left[\underline{U}_0\right] - \mathrm{Arg}\left[\underline{U}_2\right] \quad (1)$$

pot fi o reprezentare o unui sistemului longitudinal format din generatoare, transformatoare, sarcini, elemente reactive serie şi/sau paralel etc. Modelul propus oferă posibilitatea studierii relaţiilor între sistemul electric de transport şi UPFC. Modelul permite determinarea celor trei parametri UPFC, controlabili în diverse condiţii de funcţionare, astfel încât să se optimizeze impactul UPFC în sistem în concordanţă cu cerinţele definite.

Modelul UPFC constă într-o sursă de tensiune $\underline{U}_T$, reprezentând ramura serie a UPFC, susceptanţa B_T, reprezentând ramura paralelă a UPFC "efectul StatCom", şi sursa de curent $\underline{I}_T$, reprezentând curentul activ în ramura în paralel a UPFC. Amplitudinea tensiunii $\underline{U}_T$ şi faza (U_T şi φ_T), precum şi amplitudinea susceptanţei B_T pot fi controlate. Sursa de curent $\underline{I}_T$ echilibrează (corespunde) puterea activă injectată de UPFC în sistem prin ramura în serie.

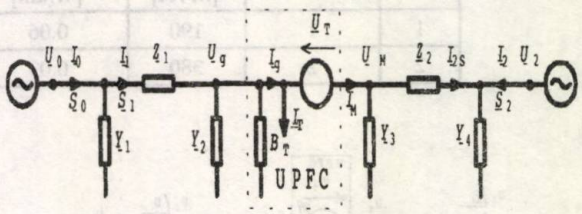


Fig. 2. Scheme of the "basic model".
Schema "modelului de bază".

Din relaţiile de bază între mărimile electrice ale modelului de bază curenţii la borne pot fi exprimaţi ca funcţii reale (1) ale parametrilor sistemului şi parametri controlabili ai UPFC : U_T , φ_T şi B_T [3]. Cunoscând funcţiile f_{R0} , f_{I0}, f_{R2} şi f_{I2} , alte mărimi electrice ale modelului de bază pot fi calculate în mod uşor [3].

$$\mathrm{Re}(I_0) = f_{R0}(Abs(\underline{U}_k),\ \delta,\ \mathrm{Re}(Y_i),\ \mathrm{Re}(Z_j),\ \mathrm{Im}(Y_i),\ \mathrm{Im}(Z_j),\ U_T, \varphi_T, B_T)$$

$$\mathrm{Im}(\underline{I}_{I0}) = f_{IO}(Abs(\underline{U}_k),\ \delta,\ \mathrm{Re}(Y_i),\ \mathrm{Re}(Z_j),\ \mathrm{Im}(Y_i),\ \mathrm{Im}(Z_j),\ U_T, \varphi_T, B_T)$$

$$\mathrm{Re}(I_2) = f_{R2}(\mathrm{Abs}(\underline{U}_k),\ \delta,\ \mathrm{Re}(Y_i),\ \mathrm{Re}(Z_j),\ \mathrm{Im}(Y_i),\ \mathrm{Im}(Z_j),\ U_T, \varphi_T, B_T)$$

$$\mathrm{Im}(\underline{I}_2) = f_{I2}(\mathrm{Abs}(\underline{U}_k),\ \delta,\ \mathrm{Re}(Y_i),\ \mathrm{Re}(Z_j),\ \mathrm{Im}(Y_i),\ \mathrm{Im}(Z_j),\ U_T, \varphi_T, B_T)$$

$$i = 1,2,3,4;\ j = 1,2;\ k = 0,2;\ \delta = \mathrm{Arg}\left[\underline{U}_0\right] - \mathrm{Arg}\left[\underline{U}_2\right] \quad (1)$$

3. Load flow control using UPFC

3.1. *Sharing power flow between two parallel lines of unequal rating*

In order to demonstrate how the UPFC can fulfill three system requirements, first the system consisting of two parallel lines shown in Fig. 3 has been taken into consideration.

Let the line terminal voltages amount to 110 kV and be independent of power transfer (voltage control or system with high short circuit level) and the lines 1 and 2 have different number of conductors per phase and thus have different ratings as shown in Table 1.

3. Controlul circulaţiilor de putere utilizând UPFC

3.1. *Împărţirea circulatiei de putere între două linii paralele de puteri nominale neegale*

Pentru a demonstra cum UPFC poate îndeplini trei cerinţe ale sistemului, mai întâi a fost luat în consideraţie sistemul constituit din două linii în paralel după cum se vede în figura 3.

S-a considerat că mărimea tensiunii la borne la 110 kV este independentă de transferul putere (control al tensiunii sau sistem cu nivel mare al puterii de scurtcircuit) şi liniile 1 şi 2 au număr diferit de conductoare pe fază şi astfel au mărimi nominale diferite după cum se vede în tabelul 1.

Table 1

Line parameters

Line No.	No. of conductors	Rating [MVA]	R [W/km]	X [W/km]	C [nF/km]	length [km]
1	1	190	0.06	0,38	10	50
2	2	380	0.03	0,33	12	50

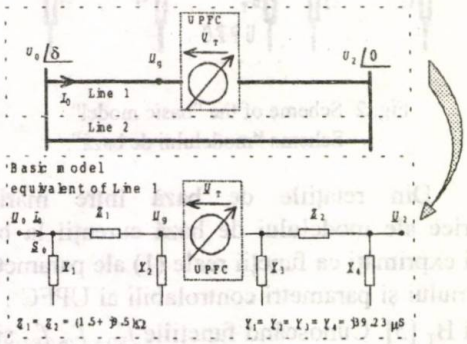


Fig. 3. Parallel transmission system with UPFC
Sistem de transport paralel cu UPFC.

The number of conductors per phase impacts line resistance and rating in direct proportion. Thus line inductivity and capacitance depend much more on distances between conductors of different phases and on distances between phases and earth than on conductor cross section. They are similar for overhead lines of the same voltage. Without power flow control the maximum system loading is dictated by weaker line (i.e. line 1). The line 1 rated power flow 190 MVA is reached at transmission angle (angle δ - c.f. Fig. 3) 17.36°. In these conditions line 2 power flow amounts to about 220 MVA. The total

Numărul de conductoare pe fază ifluenţează direct proporţional rezistenţa şi puterea nominală. Astfel inductivitatea şi capacitatea liniei depind mult mai mult de distanţele între conductoarele diferitelor faze şi de distanţele dintre faze şi pământ decât secţiunea transversală. Acestea sunt similare pentru linii supuse la aceeaşi tensiune. Fără controlul circulaţiilor de putere încărcarea maximă a sistemului este dictată de linia mai slabă (adică linia 1). Puterea nominală transportată a liniei 1 de 190 MVA este atinsă la unghiul de transport (unghiul δ - vezi fig.3) 17.36° . În aceste condiţii circulaţia de putere pe linia 2 creşte la aproximativ 220 MVA. Puterea totală transportată creşte la 410 MVA, adică la 72 % din capacitatea nominală totală a sistemului. Dacă linia 2 este încărcată la limită, unghiul de transport δ este aproximativ 30.63°. Toată puterea este considerată la început în sistemul de transport (nodul "A"). În toate cazurile circulaţia de putere reactivă este mică, în consecinţă puterile active şi aparente sunt aproape egale.

UPFC este poziţionat în mijlocul liniei 1. Pentru a asigura încărcarea la maximum a sistemului de transport, acesta are de îndeplinit următoarea cerinţă: "la capacitatea nominală a liniei 1 de 190 MW, unghiul de transport să fie de 30.63°". Deoarece el are trei parametri controlabili,

power transmission amounts to 410 MVA, i.e. to 72% of total transmission system rating. If line 2 is loaded to the limit, the transmission angle δ is about 30.63°. All powers are considered at the beginning of the transmission system (node "A"). In all cases the reactive power flow is small, thus apparent and active powers are nearly equal.

The UPFC is positioned in the middle of line 1. In order to enable full transmission system loading it has to fulfill the requirement: "line 1 transmission rate equals 190 MW, the transmission angle being 30.63°". As it has three controllable parameters, additional requirements can be defined. Let the UPFC requirements in the first case be:

I) line 1 active power P_0 amounts to 190 MW, the transmission angle δ being 30.63°;

II) voltage $\underline{U}_g$ magnitude U_g should e.g. amount to 117 kV;

III) the UPFC injected voltage magnitude U_T should be minimized (minimal harmonic distortion of line current and voltage).

From the equations (2) and (3), describing first two requirements, the line current $\underline{I}_0$ (its real and imaginary component - taking e.g. the $\underline{U}_2$ as a reference phasor - c.f. Fig. 3) can be calculated. The calculated current amounts to: $\underline{I}_0=\mathrm{Re}(\underline{I}_0)+j\mathrm{Im}(\underline{I}_0)$ = (0.4733 + j0.3923) kA. This is only one (the physically meaningful) of the two possible solutions. The second solution is introduced by equation (3), thus in fact it is in a quadrate equation.

$$P_0 = \mathrm{Re}\left[\underline{S}_1\right] = \sqrt{3}\,\mathrm{Re}\left[\underline{U}_0 I_0^*\right] \qquad (2)$$

$$\left|\underline{U}_0 - \sqrt{3}(\underline{I}_0 - \underline{U}_1\underline{Y}_1)\underline{Z}_1\right| = U_g \qquad (3)$$

Fulfilling the requirement "III" is an optimization problem and can be solved by applying Lagrange method. First, Lagrange function has to be built. It is represented by equation (4).

$$F_1 = f + \lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2 \qquad (4)$$

$$f = U_T;\ f_1 = f_{R0} - \mathrm{Re}\left[\underline{I}_0\right];\ f_2 = f_{I0} - \mathrm{Im}\left[\underline{I}_0\right] \qquad (5)$$

The calculated optimal UPFC parameters U_T, φ_T and B_T (as well as λ_1 and λ_2) can be calculated from the following set of equations:

$$\frac{\partial F_1}{\partial U_T} = 0;\ \frac{\partial F_1}{\partial B_T} = 0;\ \frac{\partial F_1}{\partial \varphi_T} = 0;\ f_1 = 0;\ f_2 = 0 \qquad (6)$$

Applying equations (1) the derivatives of the Lagrange equation, F can be calculated in the form of analytical equations. However, functions (1) are pot fi definite cerinţe suplimentare. Presupunem că cerinţele UPFC în primul rând sunt:

I) puterea activă P_0 a liniei 1 creşte la 190 MW, unghiul de transport δ fiind de 30.63° ;

II) amplitudinea U_g a tensiunii $\underline{U}_g$ va creşte la 117 kV;

III) amplitudinea U_T a tensiunii injectate de UPFC va fi minimizată (distorsiuni armonice minime ale curentului şi tensiunii liniei).

Din ecuaţiile (2) şi (3), care descriu primele două cerinţe, poate fi calculat curentul liniei $\underline{I}_o$ (componentele sale reale şi imaginare - luând ca fazor de referinţă $\underline{U}_2$ - vezi fig.3). Curentul calculat creşte la: $\underline{I}_o = \mathrm{Re}(\underline{I}_o) + j\,\mathrm{Im}(\underline{I}_o)$ = (0.4733 + j 0.3923) kA. Aceasta este singura (cu sens fizic) din cele două soluţii posibile. A doua soluţie este introdusă de relaţia (3), care este, de fapt, o ecuaţie în cuadratură.

$$P_0 = \mathrm{Re}\left[\underline{S}_1\right] = \sqrt{3}\,\mathrm{Re}\left[\underline{U}_0 I_0^*\right] \qquad (2)$$

$$\left|\underline{U}_0 - \sqrt{3}(\underline{I}_0 - \underline{U}_1\underline{Y}_1)\underline{Z}_1\right| = U_g \qquad (3)$$

Îndeplinirea necesităţii "III" este o problemă de optimizare şi poate fi rezolvată prin aplicarea metodei Lagrange. Mai întâi, va fi construită funcţia Lagrange. Ea este reprezentată de ecuaţia (4).

$$F_1 = f + \lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2 \qquad (4)$$

$$f = U_T;\ f_1 = f_{R0} - \mathrm{Re}\left[\underline{I}_0\right];\ f_2 = f_{I0} - \mathrm{Im}\left[\underline{I}_0\right] \qquad (5)$$

Parametri UPFC optim calculaţi U_T, φ_T şi B_T (precum şi λ_1 şi λ_2) poate fi calculat din următorul set de ecuaţii:

$$\frac{\partial F_1}{\partial U_T} = 0;\ \frac{\partial F_1}{\partial B_T} = 0;\ \frac{\partial F_1}{\partial \varphi_T} = 0;\ f_1 = 0;\ f_2 = 0 \qquad (6)$$

Aplicând ecuaţiile (1), derivatele ecuaţiilor Lagrange, F poate fi calculat în forma ecuaţiilor analitice. Totuşi, funcţiile (1) sunt complet incluse, de aceea derivatele au fost obţinute utilizând aplicaţii software matematice. Soluţia numerică a sistemului (6) furnizează în final parametri UPFC, astfel:

U_T^s=15.73 kV (valoare fază - pământ), φ_T =-97.8°, B_T = 8.355 mS.

În cazul următor, condiţia "II' este schimbată, astfel încât se obţine următorul set de cerinţe:

IV) puterea activă P_o a liniei 1 creşte la 190 MW, unghiul de transport între nodurile "A" şi "B" fiind de 30.63° ;

V) amplitudinea curentului de linie $\underline{I}_o$ va

quite comprehensive, therefore derivation has been carried out using mathematical software tools. The numerical solution of the system (6) finally provides the UPFC parameters as follows: U_T =15.73 kV (phase-to-earth value), φ_T =-97.8°, B_T = 8.355 mS.

In next case the requirement "II" is changed and so the following set of requirements is obtained:

IV) line 1 active power P_0 amounts to 190 MW, the transmission angle between nodes "A" and "B" being 30.63°;

V) line current $\underline{I}_0$ magnitude should be minimized (minimization of line losses);

VI) the UPFC injected voltage magnitude U_T should be minimized (minimal harmonic distortion of line current and voltage).

In this case the given requirements represent a "double" optimization problem. From first two requirements ("IV" and "V" respectively) the required line current is obtained using Lagrange optimization procedure. The Lagrange function F_2 can in this case be written as follows:

$$F_2 = f_A + \lambda_B f_B \qquad (7)$$

$$f_A = \mathrm{Re}\left[\underline{I}_0\right]^2 + \mathrm{Im}\left[\underline{I}_0\right]^2;\ f_B = \sqrt{3}\,\mathrm{Re}\left[\underline{U}_0\,\underline{I}_0^*\right] - P_0 \qquad (8)$$

The parameters $\mathrm{Re}(\underline{I}_0)$ and $\mathrm{Im}(\underline{I}_0)$ can in this simple case be calculated analytically from the following set of equations:

$$\frac{\partial F_2}{\partial\,\mathrm{Re}\left[\underline{U}_0\right]} = 0;\quad \frac{\partial F_2}{\partial\,\mathrm{Im}\left[\underline{U}_0\right]} = 0;\quad f_B = 0; \qquad (9)$$

The result is:

$$\underline{I}_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}\underline{U}_0}\left(\cos(\delta) + \mathrm{j}\sin(\delta)\right) = \left(0.858 + \mathrm{j}\,0.508\right)\mathrm{kA} \qquad (10)$$

Thus the line current $\underline{I}_0$ is known, the procedure for determination of the UPFC controllable parameters to fulfill the requirement "VI" is the same as in the case of fulfilling the requirement "III", therefore eq. (4), (5) and (6) can be applied. For $\mathrm{Re}(\underline{I}_0)$ and $\mathrm{Im}(\underline{I}_0)$ in (6) the values from (10) have to be used, of course. The calculated ("optimal") UPFC parameters amount to: U_T =13.34 kV (phase to earth value), φ_T = - 96.71°, B_T =-5.07 mS.

On the example of the simple transmission system it has been demonstrated how, using UPFC, three requirements can be fulfilled. These requirements need not be, for example, fixed values of the chosen system parameters but can also be requirements on optimized system or UPFC parameters.

fi minimizată (minimizarea pierderilor în linie);

V) va fi minimizată amplitudinea tensiunii U_T injectată de UPFC (distorsiuni armonice minime ale curentului şi tensiunii liniei).

În acest caz, necesităţile date reprezintă o problemă de optimizare "dublă". Din cerinţele IV şi respectiv V, curentul de linie cerut este obţinut utilizând procedura de optimizare Lagrange. Funcţia Lagrange F_2 poate fi în acest caz scrisă după cum urmează:

$$F_2 = f_A + \lambda_B f_B \qquad (7)$$

$$f_A = \mathrm{Re}\left[\underline{I}_0\right]^2 + \mathrm{Im}\left[\underline{I}_0\right]^2;\ f_B = \sqrt{3}\,\mathrm{Re}\left[\underline{U}_0\,\underline{I}_0^*\right] - P_0 \qquad (8)$$

Parametrii $\mathrm{Re}(\underline{I}_0)$ şi $\mathrm{Im}(\underline{I}_0)$ pot fi calculaţi în acest caz simplu, în mod analitic, din următorul set de relaţii:

$$\frac{\partial F_2}{\partial\,\mathrm{Re}\left[\underline{U}_0\right]} = 0;\quad \frac{\partial F_2}{\partial\,\mathrm{Im}\left[\underline{U}_0\right]} = 0;\quad f_B = 0; \qquad (9)$$

Rezultatul este:

$$\underline{I}_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}\underline{U}_0}\left(\cos(\delta) + \mathrm{j}\sin(\delta)\right) = \left(0.858 + \mathrm{j}\,0.508\right)\mathrm{kA} \qquad (10)$$

Astfel, curentul de linie $\underline{I}_0$ este cunoscut, procedura pentru determinarea parametrilor controlabili ai UPFC pentru a îndeplini cerinţele "IV" este aceeaşi ca şi în cazul îndeplinirii cerinţei "III", de aceea pot fi aplicate relaţiile (4), (5) şi (6).

Desigur, pentru $\mathrm{Re}(\underline{I}_0)$ şi $\mathrm{Im}(\underline{I}_0)$ din (6) sunt utilizate valorile din (10). Parametrii "optimi" calculaţi ai UPFC se ridică la: U_T = 13.34 kV (valoare fază, pământ), φ_T =-96.71°, B_T=-5.07 mS.

Pe exemplul sistemului de transport simplu a fost demonstrat cum, utilizând UPFC, pot fi îndeplinite cele trei cerinţe. Acestea nu necesită valori fixe ale parametrilor de sistem aleşi şi pot fi, fi de asemenea cerinţe pentru optimizarea sistemului sau parametrii UPFC.

3.2. Controlul circulaţiilor de putere într-un sistem în formă de buclă

Pentru a demonstra cum UPFC poate îndeplini în mod simultan sarcini care, atunci când se utilizează dispozitive cu un singur parametru controlabil, cereau implementarea a trei dispozitive, a fost aleasă o reţea simplă, în formă de buclă (fig.4). Reţeaua este împărţită în două companii, "1" şi "2". Pesupunem că reactanţa echivalentă a sistemului companiei "2" este X_4. Centrele de consum (nodurile B şi D) sunt alimentate p+4 din centrul A de generare.

3.2. *Load flow control in a loop-formed system*

In order to demonstrate how UPFC can simultaneously fulfill tasks which would, when using devices with one controllable parameter, require implementation of three devices, the simple loop-formed network has been chosen. It is presented in Fig. 4 and is shared between two companies, i.e. companies "1" and "2". Let the equivalent company "2" system reactance be X_4. The load centers (nodes B and D) are supplied from generation center A. Let us assume that in the nodes A and B there is a voltage control which keeps node voltage on rated level, i.e. 220 kV. In node D the load is represented with an impedance $\underline{Z}_D$=(140+j35) Ω, while in the node B load active power is constant. The transmission lines between nodes are presented with their simplest models, i.e. with reactances (X_1=60 Ω, X_2=30 Ω, X_3=40 Ω, X_4=20 Ω). Without load flow control the system electrical quantities equal:

P_{AB}=405 MW P_{AD}=194.5 MW P_{BD}=105 MW
load-B=300MW load-D=299.5 MW
U_A=U_B=220 kV U_C=210.5 kV U_D=211.1 kV

Let us assume that using UPFC, the "free" load flow mode should be changed so as to prevent load flows between companies "1" and "2". However the nodes B and D should remain connected (e.g. contingency or stability reasons). These requirements will be fulfilled if there is no difference between voltages of the nodes B and D ($\underline{U}_B$ and $\underline{U}_D$ magnitudes as well as phase angles must be equal). Additionally the node C voltage magnitude should e.g. amount to 230 kV. The node D has been taken as a reference, therefore δ_D=0. Because the node B is voltage controlled it should be noted: δ_D=0, δ_B=0, U_B=220 kV, U_D=220 kV. The node D load currents can be simply calculated as follows: $\underline{I}_D = \underline{U}_D/(\text{Sqrt}\ [3]\ \underline{Z}_D)$ = (0.854 - -j 0.2135) kA. Thus the active power flow between A and B amounts to 300 MW, the voltage phase δ_A can be simply calculated and amounts to 14.355°.

Considering the network between A and D to represent a basic model and applying equations describing relations between basic model electric quantities [3] from known $\underline{I}_{D1}$ (no power flowing between B and D therefore $\underline{I}_{D1}$=$\underline{I}_D$), $\underline{U}_D$ and $\underline{U}_A$, current $\underline{I}_{AC}$ (in the basic model denoted as $\underline{I}_0$) can be calculated as a function of controllable UPFC parameters. The requirement concerning the node C magnitude is described with the following equation:

Presupunem că în nodurile A şi B există regulatoare de tensiune care menţin tensiunea în noduri la valoarea nominală, adică 220 kV. În nodul D consumul este reprezentat ca o impedanţă $\underline{Z}_D$ = (145 + j35) Ω, în timp ce în nodul B puterea activă a sarcinii este constantă. Liniile de transport între noduri sunt prezentate cu modelele lor cele mai simple, adică cu reactanţe (X_1=60 Ω, X_2=30 Ω, X_3=40 Ω, X_4=20 Ω). Fără controlul circulaţiilor de putere mărimile electrice ale sistemului sunt:

P_{AB}=405 MW P_{AD}=194.5 MW P_{BD}=105 MW
sarcina-B=300 MW sarcina-D=299.5 MW
U_A=U_B=220 kV U_C=210.5 kV U_D=211.1 kV

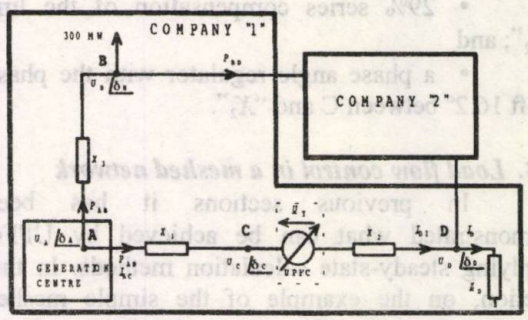


Fig. 4. Scheme of the loop-formed system model.

Presupunem că utilizând UPFC, modul "liber" al circulaţiilor de putere va fi schimbat astfel încât să nu existe circulaţie de putere între companiile "1" şi "2". Totuşi, nodurile B şi D vor rămâne conectate (din motive de contingenţe sau stabilitate). Această cerinţă va fi îndeplinită dacă nu sunt diferenţe între tensiunile nodurilor B şi D (amplitudinile unghiurilor de fază ale $\underline{U}_B$ şi $\underline{U}_D$ trebuie să fie egale). În plus, amplitudinea tensiunii din nodul C va creşte la 230 kV. Nodul D a fost luat ca referinţă, de aceea δ_D = 0. Deoarece în nodul B tensiunea este controlată, se va nota: δ_D=0, δ_B=0, U_B=220 kV, U_D=220 kV.

Curentul de sarcină în nodul D poate fi calculat în mod simplu astfel: $\underline{I}_D = \underline{U}_D/(\text{Sqrt}\ [3]\ \underline{Z}_D)$= = (0.854 - j 0.2135) kA. Astfel, puterea activă între A şi B creşte la 300 MW, faza δ_A a tensiunii poate fi calculată simplu şi creşte la 14.355°.

Considerând reţeaua între A şi D ca fiind un model de bază şi aplicând ecuaţiile ce descriu relaţiile între cantităţile electrice ale modelului de bază [3] din cunoscutele $\underline{I}_{D1}$ (fără circulaţie de putere între B şi D, de aceea $\underline{I}_{D1}$ = $\underline{I}_D$), $\underline{U}_D$ şi $\underline{U}_A$, curentul $\underline{I}_{AC}$ (în modelul de bază notat cu $\underline{I}_0$) poate

$$\left|\underline{U}_A - j\sqrt{3}\,\underline{I}_{AC}\,X_1\right| = 230\,\text{kV} \qquad (11)$$

From the first and second equation of the system (1) (describing real and imaginary part of $\underline{I}_{AC}$) and from (11) the three controllable UPFC parameters can be calculated. The result is: U_T = 22.94 kV (phase to earth value), φ_T = 87.40°, B_T = 2.617 mS.

Requirements considering load flow control in the loop-formed system model can be fulfilled also when instead of the UPFC three other devices are applied i.e.:

- parallel compensation in the node C which reactance amounts to 225.8 Ω (214Mvar);
- 29% series compensation of the line "X_2"; and
- a phase angle regulator with the phase shift 16.2° between C and "X_2".

3.3. *Load flow control in a meshed network*

In previous sections it has been demonstrated what can be achieved by UPFC applying steady-state calculation methods. In this section, on the example of the simple meshed system, shown in Fig. 5, a simulation of the dynamic behavior is made when system load-flow profile changes according to chosen time function. As presented in Fig. 5 a load of 200 MW should be transmitted from System II to System I. In this configuration an undesirable loop flow of app. 200 MW occurs, therefore load flow control is desirable.

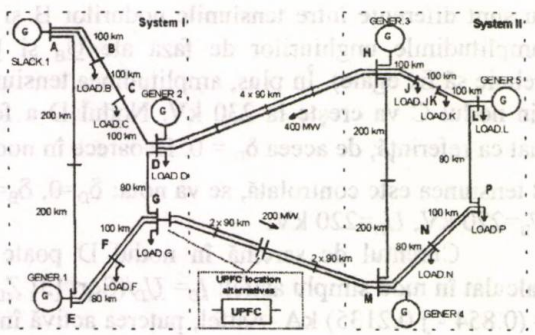


Fig. 5. Test system.
Test de sistem.

Modeling and digital simulations are carried out in the stability part of the NETOMAC program system. It is out of scope of this paper to go into details concerning system and UPFC modeling. Modeling and a test system are in detail described in [4, 5].

fi calculat ca o funcţie de parametri controlabili ai UPFC. Cerinţele privind amplitudinea în nodul C sunt descrise cu ecuaţia următoare:

$$\left|\underline{U}_A - j\sqrt{3}\,\underline{I}_{AC}\,X_1\right| = 230\,\text{kV} \qquad (11)$$

- Din prima şi a doua ecuaţie a sistemului (1) (descriind partea reală şi imaginară a lui $\underline{I}_{AC}$) şi din (11) pot fi calculaţi cei trei parametri cotrolabili ai UPFC. Rezultatul este: U_T= 22.94 kV (valoare fază-pământ), φ_T = 87.40°, B_T = 2.617 mS.

Cerinţele privind contolul circulaţiilor de putere în modelul sistemului în forma buclă pot fi de asemenea asigurate când este aplicată instalarea altor trei dispozitive UPFC, adică:

- compensarea paralelă în nodul C care creşte reactanţa la 225.8 Ω (214 Mvar);
- 29% compensare serie a liniei "X_2" ; şi
- un regulator al unghiului fazei cu 16.2° diferenţă de fază între C şi "X_2".

3.3. *Controlul circulaţiei de putere într-un sistem buclat*

Până acum s-a demonstrat ce se poate obţine din metodele de calcul de regim staţionar aplicate UPFC-ului. În continuare, pe exemplul simplu al unui sistem buclat, prezentat în figura 5 , este realizată o simulare a comportării dinamice când se modifică circulaţiile de putere în sistem, conform funcţiei timp alease. După cum se prezintă în figura 5 va fi transmisă o sarcină de 200 MW din sistemul II în sistemul I. În această configuraţie se produce o circulaţie nedorită de putere de aproximativ 200 MW, de aceea este necesar controlul circulaţiei de putere. Modelarea şi simularea numerică sunt realizate în partea de stabilitate a sistemului de programe NETOMAC. Prezentul articol nu prezintă detaliile privind sistemul şi modelarea UPFC-ului. Modelarea şi sistemul test sunt prezentate în detaliu în [4, 5].

Un model UPFC împreună cu regulatoarele pentru controlul dinamic al circulaţiilor de putere au fost dezvoltate ca un sistem complex. Algoritmul de control permite decuplarea controlului puterii active de cel al puterii reactive (sistemul de referinţă d-q) considerând, de asemenea, controlorul au fost utilizate limite pentru fiecare ramură a UPFC. Cu asistenţa acestui sistem de control dispozitivul poate urmări modificarea valorilor de referinţă ale celor trei mărimi care sunt comandate.

UPFC a fost poziţionat în linie între G şi M (linia G-M). În primul din cele două scenarii (scenariul 1) UPFC este localizat în mijlocul liniei

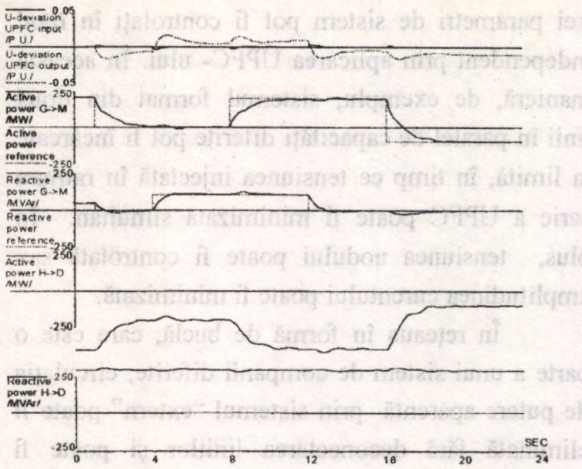


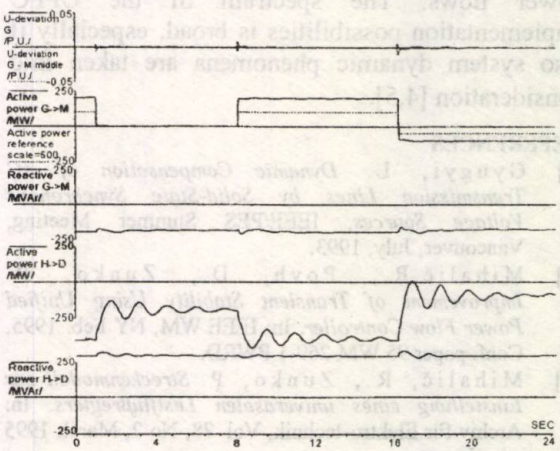
Fig. 6. Oscillograms - scenario 1.
Oscilograme - scenariul 1.

A UPFC model together with controls for dynamic power flow control purposes in a complex system has been developed. Control algorithm enabling decoupled control of real and reactive power (d-q reference frame) considering also controller limits has been used for each UPFC branch. With the assistance of this basic control system the device can follow the changes in the reference values of the three quantities being controlled.

Let UPFC be positioned in the line between G and M (line G - M). In the first of the two chosen scenarios (scenario 1) UPFC is located in the middle of G - M line and should control active and reactive power flow in the line G - M as well as UPFC input voltage. The powers should change independent of each other in desired pattern as shown in Fig. 6, the UPFC input voltage should be kept constant. It is assumed that load-flow control need not be very fast therefore quite large time constants have been chosen for UPFC control.

According to the second scenario (scenario 2) UPFC is located near the node G. Line G - M active power should follow the prescribed pattern while node G and "line G - M middle" voltages should be kept constant. In this case the UPFC control time constants are short (less than 10 ms - as it can be realized). The line powers track the reference values practically without time delay. However, fast UPFC action may cause significant power oscillations in the rest of the system (active power H - D - Fig. 7) This can be avoided if UPFC control time constants are enlarged as shown in scenario 1 (in this case taking into consideration a slower UPFC response).

G-M şi va controla circulaţia de putere activă şi reactivă în linia G - M la fel de bine ca şi tensiunea de intrare în UPFC. După cum se observă în figura 6, puterile se vor modifica în mod independent una faţă de cealaltă în sensul dorit, iar tensiunea de intrare în UPFC va fi menţinută constantă. S-a presupus că necesitatea controlului circulaţiilor de putere nu este foarte stringentă, de aceea pentru controlul UPFC au fost alese constante de timp suficient de mari. Corespunzător scenariului secund (scenariul 2) UPFC este localizat lângă nodul G. Puterea activă în linia G - M va urmări valoarea dorită, în timp ce tensiunile nodului G şi a "mijlocului liniei G-M" vor fi păstrate constante. În acest caz constantele de timp ale controlului UPFC sunt mici (mai mici de 10 ms - atâta cât se pot realiza). Puterile în linie urmăresc valorile de referinţă în mod practic fără timpi de întârziere. Totuşi, acţiunea rapidă a UPFC poate provoca oscilaţii semnificative ale puterii în restul sistemului (a puterii active H - D, fig. 7). Acestea pot fi eliminate dacă constantele de timp ale controlului UPFC sunt crescute după cum se vede în scenariul 1 (în acest caz luându-se în consideraţie un răspuns mai lent al UPFC).



NOTE: different scales for actual and reference values

Fig. 7. Oscillograms - scenario 2, UPFC at the node G.
Oscilograme - scenariul 2, UPFC lângă nodul G.

Concluzii

UPFC poate asigura în mod simultan, rapid şi independent, controlul a trei parametri de bază ai sistemului (tensiunea la borne, impedanţa liniei de transport şi ungiul de fază) şi astfel acţionează ca o combinaţie a unui StatCom, CSC şi un regulator de control al unghiului fazei. Aceste proprietăţi permit controlul flexibil al circulaţiilor de putere, adică

Conclusions

UPFC can provide simultaneous, fast and independent control of three basic system parameters (terminal voltage, transmission line impedance and phase angle) and thus acts as a combination of StatCom, CSC and the controllable phase angle regulator. These features enable flexible load flow control, i.e. three system parameters can be controlled independently applying the UPFC. In this manner, for example, the system of two parallel lines with different rating can be loaded to the limit while simultaneously the injected UPFC series branch voltage can be minimized. Additionally, node voltage can be controlled or current magnitude can be minimized.

In the loop formed network which is a part of systems of different companies apparent power flows through the "foreign" system can be avoided without line disconnections. Additionally, voltage magnitude of a certain node can be controlled.

In the meshed system loop flows can be eliminated while simultaneously certain node voltages can be controlled.

The mentioned possibilities are only an example which should provide an insight into the UPFC implementation possibilities regarding power flows. The spectrum of the UPFC implementation possibilities is broad, especially if also system dynamic phenomena are taken into consideration [4,5].

REFERENCES

[1] Gyugyi, L. *Dynamic Compensation of AC Transmission Lines by Solid-State Synchronous Voltage Sources*, IEEE/PES Summer Meeting, Vancouver, July, 1993.

[2] Mihalič,R., Povh, D., Zunko, P. *Improvement of Transient Stability Using Unified Power Flow Controller*. In: IEEE WM, NY Feb. 1995, Conf. paper 95 WM 269-1 PWRD.

[3] Mihalič, R., Zunko, P. *Streckenmodell zur Einstellung eines univerasalen Lastflußreglers*. In: Archiv für Elektro-technik, Vol. 78, No 2, March 1995 - in German.

trei parametri de sistem pot fi controlaţi în mod independent prin aplicarea UPFC- ului. În această manieră, de exemplu, sistemul format din două linii în paralel de capacităţi diferite pot fi încărcate la limită, în timp ce tensiunea injectată în ramura serie a UPFC poate fi minimizată simultan. În plus, tensiunea nodului poate fi controlată sau amplitudinea curentului poate fi minimizată.

În reţeaua în formă de buclă, care este o parte a unui sistem de companii diferite, circulaţia de putere aparentă prin sistemul "extern" poate fi eliminată fără deconectarea liniilor şi poate fi controlată amplitudinea câtorva tensiuni nodale.

În sistemele buclate circulaţiile de putere în buclă pot fi eliminate simultan cu posibilitatea de a controlă tensiunile unor noduri.

Posibilităţile menţionate sunt numai un exemplu care va asigura o întelegere a posibilităţiilor de influenţare a circulaţiilor de putere prin implementarea UPFC. Spectrul posibilităţilor oferite de implementarea UPFC este larg, mai ales dacă sunt luate în considerare fenomenele dinamice din sistem[4, 5].

[4] Lerch, E., Povh, D., Witzmann, R., Hlebcar, B., Mihalic, R. *Simulation and Performance Analysis of Unified Power Flow Controller*, 1994 CIGRE Session, Paris 1994;

[5] Mihalič, R., Povh, D. *Modeling of Unified Power Flow Controller and its Impact on Power Oscillation Damping*, CIGRE Symposium Power Electronics in Electric Power Systems, Tokyo, May 22. - 24. 1995.

Referent: dr. ing. Sebastian Ionescu - ISPE, Bucureşti

Traducere : ing. Cornel Aldea - GSCI

(Primit la 20 ianuarie 1997, acceptat la 15 aprilie 1997)

MODELLING AND CONTROL TECHNIQUE OF UNIFIED POWER FLOW CONTROLLER (UPFC)

MODELAREA ŞI CONTROLUL UNUI SISTEM UPFC

conf. PH. DELARUE, as. ing. C. BOGUŞ,
prof. R. BAUSIERE, conf. E. MILENT
Université de Lillel, Villeneuve, France

prof. M. CRAPPE, prof. M. RENGLET, prof. J. TRECAT
Faculté Polytechnique de MONS, Belgium

Acest articol se ocupă de modelarea şi controlul Sistemelor Flexibile de Transport în Curent Alternativ (FACTS) şi în mod particular cu controlerul unificat al circulaţiilor de putere (UPFC). Este propusă şi validată prin simulări o tehnică originală de control.

This paper is dealing with modelling and control of Flexible Alternative Current Transmission Systems (FACTS) and more particularly the Unified Power Flow Controller (UPFC). An original control technique is proposed and validated by simulation.

Descriptori: transportul de putere în c.a., comanda unificată a circulaţiilor de putere FACTS

Introduction

Most electric power systems are meshed networks for more reliable and low-cost power, therefore active and reactive power flows are governed by Kirchhoff's laws. This may result in unwanted loop flows of power between interconnected areas, leading to lines overload, increase of stability problems and supplementary losses anyway. The available traditional systems to control power flows are on-load tap changer transformers (regulating mainly reactive power flows), phase shifter transformers (regulating mainly active power flows) and switched series and shunt compensators. These systems have a rather slow speed of response due to mechanical limitations. They were used until now.

Nowadays new constraints are appearing due to recent trends in the evolution of electric power system linked:

- to extending interconnection throughout continents;
- to ecological opposition to new lines and power stations in densely populated areas;
- to the European Community policy in order to increase competition between utilities (opening of the market for electricity, common carrier).

Introducere

Cele mai multe sisteme electroenergetice (SE) au reţele buclate, pentru mai multă siguranţă şi cost scăzut al energiei, în care circulaţiile de puteri active şi reactive sunt guvernate de legile lui Kirchhoff. Reţelele buclate pot avea ca efect circulaţii nedorite de putere în bucla dintre ariile interconectate, suprasolicitarea liniilor, apariţia problemelor de stabilitate şi oricum pierderi suplimentare. Dispozitivele tradiţionale, disponibile pentru controlul circulaţiilor de putere sunt: dispozitive de schimbare sub sarcină a ploturilor transformatoarelor (reglând în special circulaţia de puteri reactive), transformatoarele cu reglaj de unghi (reglând în special circulaţia puterilor active) şi compensatoarele serie şi şunt. Aceste dispozitive au o viteză de răspuns foarte mică, datorită limitărilor mecanice. Ele au fost utilizate până de curând.

În prezent, au apărut noi restricţii datorate tendinţelor recente în evoluţia SE, legate de:

- extinderea interconexiunilor între continente;
- opoziţia ecologiştilor împotriva construirii de noi linii şi centrale în zonele dens populate;
- politica Comunităţii Europene pentru a creşte competiţia între producători (deschiderea pieţii de electricitate, transportator comun).

With these new constraints it will be difficult and even impossible to maintain the required system reliability by traditional means. New solutions were searched using power electronics, and specially the new possibilities offered by GTO leading to a collection of new controllers with fast response speed [1, 2, 3].

Among the new systems known as FACTS (Flexible Alternative Currents Transmission Systems), the so-called UPFC system (Unified Power Flow Controller) proposed by L. Gyugyi seems to be the most promising one. In this paper we present a new method of control for the UPFC structure validated by simulation.

This research is performed inside a scientific cooperation between the L2EP of Lille and the Faculté Polytechnique de Mons (FPMs), in order to realize a prototype of UPFC structure on the micronetwork of the FPMs. The purpose of this prototype will be the experimental validation of power system control possibilities, as well as numerical simulation and control techniques for UPFC.

It will be used by an european research team including, besides L2EP of Lille and FPMs, the Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, the University of Genova and the University of Strathclyde.

1. UPFC structure

Figure 1 gives the basic structure of an UPFC. Transformer T (ratio m) allows the series insertion of three voltages in power lines. These voltages are created by a three-phase voltage inverter (bridge 2), itself fed from a DC source built from a storage condenser of capacitance C. Active power needed to insert these voltages $m.v$ as well as the losses in the UPFC are given by bridge 1, a three-phase voltage shunt converter. This bridge 1 also allows either to absorb or to output reactive power.

To avoid the injection in the network of harmonic voltages due to switching of power semiconductor devices, a filter is needed at bridge 2. This filter, as seen from the power network, must behave as a voltage source; a second order filter made by L_2 and C_2 elements can be used. For current controlled bridge 1, the filter must behave as a current source seen from the network. A first order filter (one inductance in each line) could be used, but it appears that it is not sufficient when the inductances of the network lines at point A cannot be neglected. A third order filter made by

Cu aceste noi restricţii va fi dificil, chiar imposibil, să se menţină cerinţele de siguranţă prin mijloace tradiţionale. Au fost căutate noi soluţii prin utilizarea electronicii de putere, în special a noilor posibilităţi oferite de GTO, ceea ce a condus la sisteme cu viteză mare de răspuns [1, 2, 3].

Printre noile sisteme cunoscute sub numele FACTS (sisteme flexibile de transport în curent alternativ), sistemele numite UPFC (controlere unificate ale circulaţiilor de putere) propuse de L. Gyugyi, par a fi cele mai promiţătoare. În acest articol se prezintă o nouă metodă de control pentru structura UPFC, validată prin simulare.

Cercetarea a fost realizată în cadrul unei cooperări ştiinţifice între L2EP din Lille şi Facultatea Politehnică din Mons (FPMs), pentru a realiza un prototip de structura UPFC în microreţeaua din FPMs. Scopul acestui prototip este validarea experimentală a posibilităţilor de control al SE, simularea numerică şi tehnicile de control ale UPFC. El va fi utilizat de o echipă de cercetători europeni, incluzând, pe lângă L2EP din Lille şi FPMs, Şcoala Politehnică Federală din Lausanne, Universitatea din Genova şi Universitatea din Strathclyde.

1. Structuri UPFC

Figura 1 prezintă structura de bază a unui UPFC. Transformatorul T (raport m) permite inserarea în serie a trei tensiuni în linia de transport. Aceste trei tensiuni sunt create de un invertor de tensiune trifazat (puntea 2), alimentat de o sursă de curent continuu, construită pornind de la un condensator de stocare, de capacitatea C. Puterea activă necesară inserării acestor tensiuni $m.v$, precum şi acoperirea pierderilor în UPFC este dată de puntea 1, un convertor de tensiune trifazată de tip şunt. Puntea 1 permite, de asemenea, atât absobţia, cât şi furnizarea de putere reactivă.

Pentru a evita injecţia în reţea a armonicilor de tensiune datorate comutaţiei dispozitivelor semiconductoare de putere, este necesar un filtru la ieşirea punţii 2. Acest filtru, trebuie să se comporte ca o sursă de tensiune; poate fi utilizat un filtru de ordin doi, format din elementele L_2 şi C_2. Pentru puntea 1, controlată în curent, filtrul trebuie să se comporte ca o sursă de curent. Poate fi utilizat un filtru de ordin 1 (câte o inductanţă în fiecare fază), dar aceasta pare să nu fie suficientă când inductanţa liniei de transport în punctul A nu poate fi neglijată. Atunci va fi selectat un filtru de ordin trei, cu elementele L_1, L'_1 şi C_1. Comanda punţilor 1 şi 2 va fi astfel elaborată încât să se evite orice rezonanţe în aceste filtre.

elements L_1, L'_1 and C_1 will therefore be selected. The command of bridges 1 and 2 should be elaborated in such a way as to avoid any resonances in these filters.

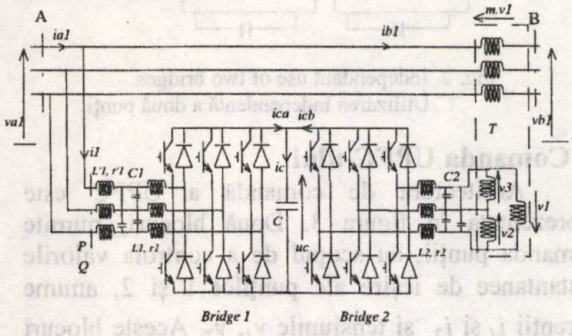


Fig. 1. Basic structure of UPFC.
Structura de bază a UPFC.

2. UPFC functionnalities

Three-phase voltage converters used in both bridges allow each to control independantly two instantaneous values, namely i_1 and i_2 currents for current controlled bridge 1, and voltages v_1 and v_2 for voltage controlled bridge 2. Each of these controlled values can be used for system control.

One of the four degree of freedom must be used to insure the equality of average power *Pa* on side A and *Pb* on side B (neglecting the losses in the converters), that is to say that average power entering (respectively leaving) bridge 1 must be equal to that leaving (respectively entering) bridge 2. This can be done by regulating the average voltage value *uc* on the storage condenser *C*. The three remaining degrees of freedom can independantly be used to control three external values. The choice of the values to be controlled depends on user's requirements.

We chose:

- instantaneous power *pb*, side B;
- instantaneous reactive power *qa*, side A;
- voltage amplitude *Vbm*, side B.

In this way, we have the benefit of sectionning a power line, i.e. to increase transfered power by increasing stability limits. Reference or set points values will be denoted by a asterisk: *pb**, *qa** and *Vbm** will be the set values for respectively *pb*, *qa* and *Vbm*.

Remark:

Instead of controlling three external values it can be tempting to control only two of them and use one degree of freedom so that the active power flowing through bridges 1 and 2 is made zero and the power dimensionning of

2. Funcţionarea UPFC

Convertoarele trifazate de tensiune utilizate în ambele punţi permit fiecăreia să controleze în mod independent două valori instantanee: curenţii i_1 şi i_2 pentru puntea 1, controlând curentul, şi tensiunile v_1 şi v_2 pentru puntea 2, controlând tensiunea. Fiecare din aceste valori controlate pot fi utilizate pentru controlul global al sistemului.

Unul din cele patru grade de libertate poate fi utilizat pentru a asigura egalitatea puterii medii *Pa* pe partea A şi *Pb* pe partea B (neglijând pierderile în convertoare); aceasta înseamnă că puterea medie de intrare (respectiv ieşire) din puntea 1 trebuie să fie egală cu cea de ieşire (respectiv intrare) în puntea 2, ceea ce poate fi facut prin reglarea valorii medii a tensiunii *uc* pe condensatorul C de stocare. Celelalte trei grade de libertate rămase pot fi utilizate în mod independent pentru comanda a trei mărimi externe. Alegerea celor trei mărimi care vor fi comandate depind de cerinţele utilizatorului.

Alegem:

-puterea activă instantanee *pb*, partea B;

-puterea reactivă instantanee *qa*, partea A;

-amplitudinea tensiunii *Vbm*, partea B.

În acest mod, avem avantajul de a fi secţionat o linie de transport, deci se poate creşte puterea transportată prin creşterea limitelor de stabilitate. Valorile de referinţă sau valorile fixate de reglaj vor fi notate cu un asterix: pa^* , qa^* şi Vbm^* .

Observaţie:

În loc de controlul a trei valori externe poate exista tentaţia de a controla numai două din ele şi de a utiliza un grad de libertate astfel încât puterea activă care circulă între punţile 1 şi 2 să fie zero, în scopul reducerii puterii de dimensionare a convertoarelor. Totuşi, controlul celor două valori externe poate fi asigurat mult mai uşor prin utilizarea separată a unui convertor paralel şi a unui convertor serie (fig. 2). Primul grad de libertate al fiecărei punţi este utilizat pentru a anula consumul de putere activă (neglijând pierderile) şi celălalt pentru a controla una din valorile externe dorite.

Rezultă că atunci când se utilizează o structură UPFC, o parte din puterea activă transportată prin linie va trece prin punţile 1 şi 2.

converters is minimised. However the control of two external values could be insured more easily by the separate use of a parallel converter and a series converter (figure 2). The first degree of freedom of each bridge is used to nullify the active power consumption (neglecting the losses) and the other to control one of the external chosen values.

Taking into account this remark, when using an UPFC structure, a part of the active power transmitted by the line will go through the bridges 1 and 2.

3. Command of the UPFC

Command architecture of UPFC is represented in figure 3. Two blocks, named bridge control, have for purpose to control the instantaneous output values of bridge 1 and 2, namely currents i_1, i_2 and voltages v_1, v_2. These blocks built the logical signals to command the opening and closing of the bridge switches from the set point values i_1*, i_2* and v_1*, v_2* and from various measured values. The greatest difficulty is to avoid resonance of input filters of bridges 1 and 2 in case of sudden change of set values or perturbations.

The P.W.M. technique used is a comparison with a high frequency triangular carrier waveform. This chosen chopping frequency is *15* kHz.

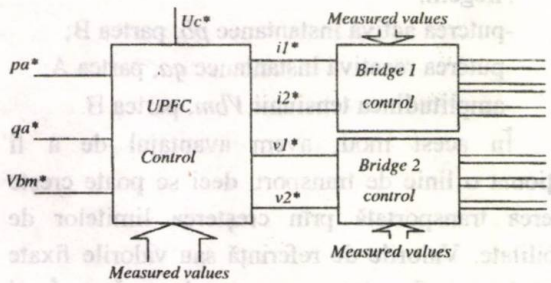


Fig. 3. Command architecture.
Arhitectura comenzii.

Set point values for currents i_1*, i_2* and voltages v_1*, v_2* are built by a UPFC control block from set values given by the requirements and various locally measured values. This block must insure a regulated values control with largest possible dynamic in order to insure a fast reaction of the UPFC to changes in set point values and also to limit adverse reactions to outside perturbations.

3.A. *UPFC Control*

To explain the working principle of this control block, it is necessary to consider the UPFC in its environment. The simplest situation is to put the UPFC in the middle of a power line, linked at each side to infinite power networks. Upstream of

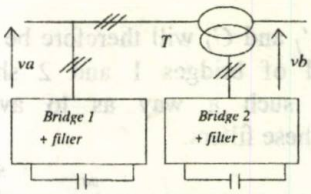


Fig. 2. Independant use of two bridges.
Utilizarea independentă a două punţi.

3. Comanda UPFC-ului

Arhitectura de comandă a UPFC este reprezentată în figura 3. Două blocuri, numite comanda punţii, au scopul de a controla valorile instantanee de ieşire ale punţilor 1 şi 2, anume curenţii i_1 şi i_2 şi tensiunile v_1, v_2. Aceste blocuri generează semnalele logice pentru a comanda deschiderea şi închiderea comutatoarelor punţilor pornind de la valorile fixate i_1*, i_2* şi v_1* , v_2* şi de la diverse mărimi măsurate. Cea mai mare dificultate este evitarea rezonanţei filtrelor de intrare ale punţilor 1 şi 2 în caz de schimbare bruscă a valorilor de referinţă sau în cazul apariţiei unor perturbaţii.

Tehnica P.W.M. utilizată este comparaţia cu o undă purtătoare triunghiulară de înaltă frecvenţă.

Această frecvenţă de eşantionare aleasă este de 15 kHz.

Valorile de referiţă pentru curenţi şi tensiuni sunt construite într-un bloc de comandă al UPFC pornind de la valorile de reglaj date de necesităţi şi de la diverse valori locale măsurate. Acest bloc trebuie să asigure un control al valorilor reglate cu dinamica cea mai rapidă posibil pentru a asigura o reacţie rapidă a UPFC la schimbările în valorile de referinţă şi de asemenea pentru a limita reacţii adverse la perturbaţii exterioare.

3.A. *Comanda UPFC*

Pentru a explica principiile de funcţionare ale acestui bloc de comandă este necesar să se considere UPFC în mediul său de funcţionare. Cea mai simplă situaţie este de a pune UPFC în mijlocul unei linii de transport, având de fiecare parte un sistem de putere infinită. În amonte de UPFC linia este caracterizată de o inductanţă L_a şi o rezistenţă r_a; tesiunile sunt notate cu v_{s1}, v_{s2} şi v_{s3}. În aval, linia este caracterizată de o inductanţă L_b şi o rezistenţă r_b; tensiunile sunt notate cu v_{r1}, v_{r2} şi v_{r3}.

Pentru a simplifica notaţiile, va fi utilizat conceptul vectorilor spaţiali instantanei: el dă corespondenţa între trei valori x_1, x_2,x_3 şi un vector $\underline{X}$, astfel:

the UPFC the line is caracterized by an inductance *La* and a resistance *ra*, voltages are noted by v_{s1}, v_{s2} and v_{s3}. Downstream the UPFC, the line is caracterized by an inductance L_b and a resistance r_b, voltages are noted by v_{r1}, v_{r2} and v_{r3}.

In order to simplify notations, the concept of instantaneous spatial vector will be used: it gives the correspondance between three values x_1, x_2, x_3 and a vector $\underline{X}$ such as:

$$\underline{X}=\sqrt{2/3}\,(x_1+a\,x_2+a^2\,x_3), \quad \text{with} \quad a=e^{j2\pi/3}. \quad (1)$$

Let us first assume that the amplitude of the voltage vectors $\underline{Vr}$ and $\underline{Vs}$ as well as the phase angle α between these vectors are fixed. Vector $\underline{Va}$ has a phase angle θ with a fixed reference and let us consider a phase angle δ between vectors $\underline{Va}$ and $\underline{Vb}$.

The value of δ angle can be used to control the line power flow (figure 5). Indeed if δ is increased the vector $\underline{Va}$ comes nearer $\underline{Vs}$, $\underline{Vb}$ comes near $\underline{Vr}$ and therefore active power flow is decreased. On the contrary if δ is reduced (and even becomes negative), the phase angle between $\underline{Vs}$ and $\underline{Va}$ on one hand, $\underline{Vb}$ and $\underline{Vr}$ on the other, increases and therefore active power flow is increased.

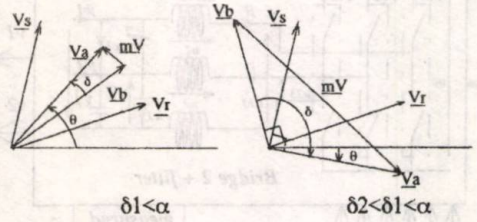


Fig. 5. Voltage vector diagram.
Diagrama vectorială a tensiunilor.

It can be seen in this way that an assigned value for δ can be obtained by sending trough a PI regulator the difference between a power reference value p_b^* and the measured power p_b ($p_b = v_{b1}i_{b1} + v_{b2}i_{b2} + v_{b3}i_{b3}$). Reference values for v_{b1} and v_{b2} are built by using the following relations:

$$v_{b1}{}^* = V_{bm}\sin(\theta-\delta)$$
$$v_{b2}{}^* = V_{bm}\sin(\theta-\delta-2\pi/3) \quad (2)$$

By substracting these values from the measurements v_{a1}, v_{a2}, we get the set points values $v_1{}^*$ and $v_2{}^*$ for bridge 2.

$\underline{X}=\sqrt{2/3}\,(x_1+a\,x_2+a^2\,x_3)$, unde $a=e^{j2\pi/3}$. (1)

Să presupunem mai întâi că amplitudinea vectorilor tensiunilor $\underline{Vr}$ şi $\underline{Vs}$, precum şi unghiul fazei α între aceşti vectori sunt fixate. Vectorul $\underline{Va}$ are unghiul de fază θ cu o referinţă fixată şi se va considera un unghi de fază δ între vectorii $\underline{Va}$ şi $\underline{Vb}$.

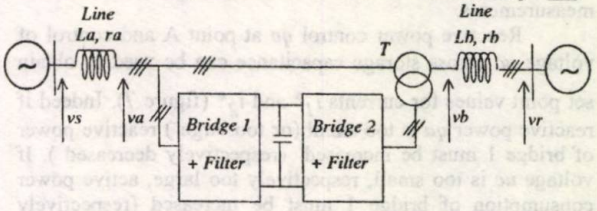


Fig. 4. UPFC in its environment.
UPFC în locul de amplasare.

Valoarea unghiului δ poate fi utilizată pentru a controla circulaţia de putere în linie (fig. 5.). Într-adevăr, dacă δ este crescut, vectorul $\underline{Va}$ se apropie de $\underline{Vs}$, $\underline{Vb}$ se apropie de $\underline{Vr}$ şi de aceea circulaţia de putere activă scade. Din contră, dacă δ este redus (sau chiar devine negativ), unghiul de fază între $\underline{Vs}$ şi $\underline{Va}$, pe de o parte, $\underline{Vb}$ şi $\underline{Vr}$,pe de alta, creşte şi, deci, circulaţia de putere activă creşte.

Se observă astfel, că o valoare anume pentru δ poate fi obţinută prin trecerea printr-un regulator PI a diferenţei între o valoare de referinţă a puterii p_b^* şi puterea măsurată p_b . Valorile de referinţă pentru v_{b1} şi v_{b2} sunt construite utilizând următoarele relaţii:

$$v_{b1}{}^* = V_{bm}\sin(\theta-\delta)$$
$$v_{b2}{}^* = V_{bm}\sin(\theta-\delta-2\pi/3) \quad (2)$$

Prin scăderea acestor valori din măsurătorile v_{a1}, v_{a2}, vom găsi valorile de referinţă $v_1{}^*$ şi $v_2{}^*$ pentru puntea 2.

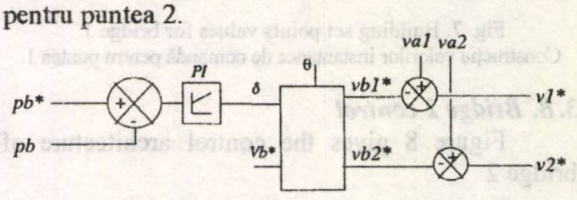


Fig. 6. Building the set points values for bridge 2.
Construirea valorilor punctelor reglate pentru puntea 2.

Observaţii:

- Pentru $\delta > \alpha$, puterea activă transmisă prin linie devine negativă, aceasta trece de la B spre A.
- Principiul reglării puterii active prin unghiul δ rămâne valid, chiar dacă se modifică amplitudinea vectorilor tensiunilor sau când se schimbă faza unghiului între $\underline{Vs}$ şi $\underline{Vr}$
- Reglarea utilizează numai valori măsurate local.

Remarks

* For $\delta > \alpha$, active power transmitted by the line becomes negative, it then goes from B towards A.

* The principle of active power regulation by angle δ control stays valid even with voltage vectors amplitude variations or when phase angle α between $\underline{Vs}$ and $\underline{Vr}$ changes.

* Regulation used only needs local values measurements.

Reactive power control *qa* at point A and control of voltage *uc* across storage capacitance can be used to obtain set point values for currents i_1* and i_2* (figure 7). Indeed if reactive power *qa* is too small (or too large) reactive power of bridge 1 must be increased (respectively decreased). If voltage *uc* is too small, respectively too large, active power consumption of bridge 1 must be increased (respectively decreased).

In this way, the difference between measured reactive power *qa* ($q_a = \{(v_{a2} - v_{a3})i_{a1} + (v_{a3} - v_{a1})i_{a2} + (v_{a1} - v_{a2})i_{a3}\}/\sqrt{3}$) and set point value *qa** is sent through a PI regulator.

Information thus obtained corresponds to the reactive component amplitude I_{qm} of currents i_1 and i_2. Amplitude I_{pm} of active components of currents i_1, i_2 and i_3 is obtained by the PI regulator insuring *uc* control. Currents i_1* and i_2* are then obtained through the following relations:

$$i_1^* = I_{pm}\sin(\theta) + I_{qm}\cos(\theta)$$
$$i_2^* = I_{pm}\sin(\theta - 2\pi/3) + I_{qm}\cos(\theta - 2\pi/3) \quad (3)$$

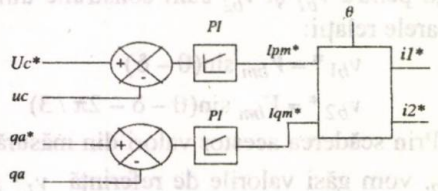


Fig. 7. Building set points values for bridge 1.
Construcţia valorilor instantanee de comandă pentru puntea 1.

3.B. *Bridge 2 control*

Figure 8 gives the control architecture of bridge 2

By noting m_1 and m_2 the conversion functions of the bridge and m_{g1} and m_{g2} the corresponding generating functions

$$m_1 = \frac{u_{13}}{u_c}; \qquad m_2 = \frac{u_{23}}{u_c};$$

$$m_{g1} = \left(\frac{1}{T}\int_{kT}^{(k+1)T} m_1(\tau)\,d\tau\right)_{T\to 0}; \quad m_{g2} = \left(\frac{1}{T}\int_{kT}^{(k+1)T} m_2(\tau)\,d\tau\right)_{T\to 0} \quad (4)$$

• Controlul puterii reactive q_a în punctul A şi controlul tensiunii u_c pe condensatorul de stocare pot fi utilizate pentru a obţine valorile de referinţă pentru curenţii i_1* şi i_2* (fig. 7). Astfel, dacă puterea reactivă q_a este prea mică (sau prea mare), puterea reactivă absorbită de puntea 1 trebuie să fie crescută (respectiv descrescută). Dacă tensiunea *uc* este prea mică, respectiv prea mare, puterea activă consumată de puntea 1 trebuie să fie crescută (respectiv descrescută).

Astfel, diferenţa între puterea reactivă masurată q_a şi valoarea q_a* este trimisă printr-un regulator PI. Informaţia astfel obţinută corespunde amplitudinii I_{qm} a componentei reactive a curenţilor i_1 şi i_2 . Amplitudinea I_{pm} a componentelor active ale curenţilor i_1 , i_2 şi i_3 este obţinută prin regulatorul PI, asigurând controlul lui *uc*. Curenţii i_1* şi i_2* sunt apoi obţinuţi din următoarele relaţii:

$$i_1^* = I_{pm}\sin(\theta) + I_{qm}\cos(\theta)$$
$$i_2^* = I_{pm}\sin(\theta - 2\pi/3) + I_{qm}\cos(\theta - 2\pi/3) \quad (3)$$

3.B. *Comanda punţii 2*

Figura 8 prezintă arhitectura de comandă pentru puntea 2.

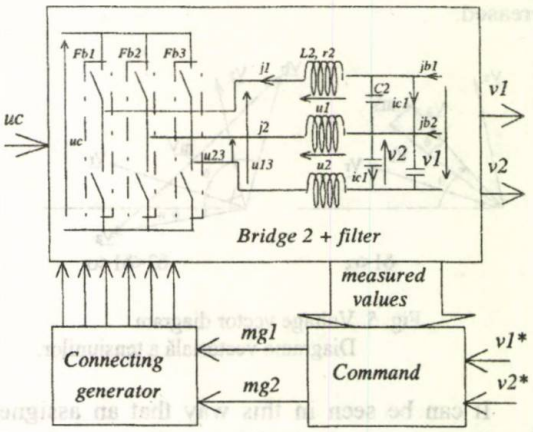


Fig. 8. Architecture of bridge 2 control.
Arhitectura comenzii punţii 2.

Se notează cu m_1 şi m_2 funcţiile de conversie ale punţii şi cu m_{g1} şi m_{g2} funcţiile de generare corespunzătoare:

$$m_1 = \frac{u_{13}}{u_c}; \qquad m_2 = \frac{u_{23}}{u_c};$$

$$m_{g1} = \left(\frac{1}{T}\int_{kT}^{(k+1)T} m_1(\tau)\,d\tau\right)_{T\to 0}; \quad m_{g2} = \left(\frac{1}{T}\int_{kT}^{(k+1)T} m_2(\tau)\,d\tau\right)_{T\to 0} \quad (4)$$

The currents j_{b1} and j_{b2} represent the secondary line currents of transformer T:

$$j_{b1} = m.i_{b3} - m.i_{b1}$$
$$j_{b2} = m.i_{b2} - m.i_{b3} \quad (5)$$

Command must allow to establish the generating functions m_{g1} and m_{g2} from set points v_1* and v_2* and from needed values. Connection generator must build the closing and opening logic for the bridge switches.

The process made from bridge 2 and its filter can be modelled by the block-diagram of figure 9 (where s represents the operator d/dt). This is a non linear, multivariable process, with couplings (through A and B matrices) between controlled variables.

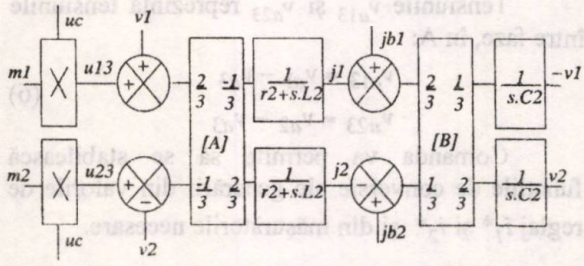


Fig. 9. Block-diagram of bridge 2+ filter.
Diagrama- bloc a punţii 2 + filtru.

Regulating scheme for voltages v_1 and v_2 can be obtained through inversion of each of the relations of the process block-diagram. If one is non invertible, a corrector is introduced. In this way the command scheme is readily obtained where terms of decoupling, compensation and linearisation appear naturally.

Block-diagram of command is given in figure 10. Correctors parameters (Kc and K) must be chosen in such a way as the system remains stable and set point changes must be as fast as possible.

It could be shown that the process associated to its command is now equivalent to two completely decoupled second order linear systems. A correct choice for the correctors parameter gives a perfectly stable system even with the input filter of the bridge.

The connection generator can be built in different ways. We chose an analog version for which the diagram is given at figure 11. First on one hand are built the logic signals S_1 and S_2 representing the signes of the generating functions

Curenţii j_{b1} şi j_{b2} reprezintă curenţii de linie secundari ai transformatorului T:

$$j_{b1} = m.i_{b3} - m.i_{b1}$$
$$j_{b2} = m.i_{b2} - m.i_{b3} \quad (5)$$

Comanda trebuie să permită stabilirea funcţiilor de generare m_{g1} şi m_{g2} din valorile de reglaj v_1* şi v_2* şi din valorile necesare. Generatorul de conexiuni (generatorul de impulsuri) trebuie să construiască logica de închidere şi deschidere pentru tranzistoarele punţii.

Procesul realizat de puntea 2 şi filtrul său poate fi modelat prin diagrama bloc din figura 9 (unde s reprezintă operatorul d/dt). Acesta este un proces nelinear multivariabil, cu legături (prin matricele A şi B) între variabilele controlate.

Schema de reglare pentru tensiunile v_1 şi v_2 poate fi obţinută prin inversarea fiecărei relaţii a diagramei bloc de proces. Dacă una din relaţii nu este inversabilă, este introdus un corector. Pe această cale schema de comandă este în mod rapid obţinută acolo unde termenii de decuplare, compensare şi liniarizare apar în mod natural.

Diagrama bloc pentru comandă este dată în figura 10. Parametrii de corecţie (Kc şi K) trebuie să fie astfel aleşi încât sistemul să rămână stabil, iar răspunsul să fie cât mai rapid posibil.

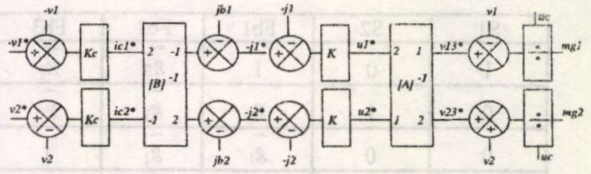


Fig. 10. Block-diagram of bridge 2.
Diagrama-bloc a punţii 2.

Se poate arăta că procesul asociat cu comanda sa este acum echivalent cu două sisteme lineare de ordin doi complet decuplate. O alegere corectă a parametrilor regulatoarelor duce la un sistem perfect stabil, chiar în condiţiile utilizării filtrului de intrare.

Generatorul de conexiuni poate fi construit în moduri diferite. S-a ales o variantă analogică pentru care diagrama este prezentată în figura 11.

Mai întâi, pe de o parte, s-au construit semnalele logice S_1 şi S_2, reprezentând semnalele funcţiilor de generare şi, pe de altă parte, semnalele logice g_1, g_2, g_3, rezultate din compararea între valorile absolute ale lui m_{g1}, m_{g2} şi m_{g3} (m_{g3}=m_{g1}-m_{g2}) cu o undă triunghiulară de înaltă frecvenţă.

and on the other logic signals g_1, g_2, g_3, resulting from a comparison between absolute values of m_{g1}, m_{g2} and m_{g3} ($m_{g3}=m_{g1}-m_{g2}$) and a high frequency triangular wave.

The truth table of figure 11, built into a PLA, gives then the switching functions F_{b1}, F_{b2} and F_{b3} of each switching cell. When the switching function equals 0, the bottom switch of the cell is off and the top switch is on. When the switching function equals 1, the bottom switch of the cell is on and the top switch is off.

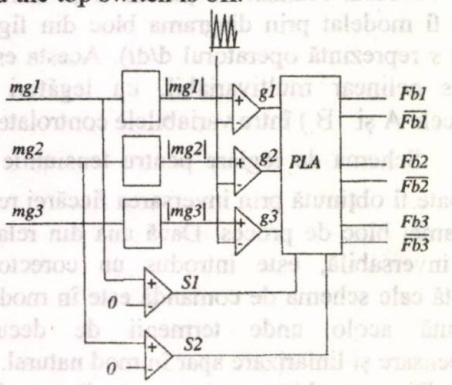


Fig. 11. Connection generator.
Generatorul de conectare.

Tabel 1

Contents of PLA for connection generator

S1	S2	Fb1	Fb2	Fb3
1	0	1	$\overline{g_3}$	$\overline{g_1}$
0	1	0	$\overline{g_1}$	$\overline{g_1}$
0	0	$\overline{g_1}$	$\overline{g_1}$	1
1	1	$\overline{g_1}$	$\overline{g_1}$	0

3. C. Bridge 1 control

Figure 12 represents the command architecture for this bridge. A similitude with bridge 2 excepted for inductances L'_1 can easily be seen.

The convertion functions of the bridge are noted by n_1 and n_2, the corresponding generating functions by n_{g1} and n_{g2}.

The voltages v_{a13} and v_{a23} represent the line to line voltages in A:

$$v_{a13} = v_{a1} - v_{a3}$$
$$v_{a23} = v_{a2} - v_{a3} \qquad (6)$$

The command will allow to establish generating conversion functions from set points i_1^* and i_2^* and from necessary measurements.

Tabelul de adevăr din figura 11, construit într-un PLA, dă funcţiile de comutaţie F_{b1}, F_{b2} şi F_{b3} ale fiecărei celule de comutaţie. Când funcţia de comutaţie este 0, întrerupătorul de la baza celulei este blocat, iar cel de la vârful ei este în conducţie. Când $F_0 = 1$, întrerupătorul din vârf este blocat şi cel de la bază este în conducţie.

3.C. Comanda punţii 1

Figura 12 reprezintă arhitectura de comandă pentru această punte. Poate fi observată o similitudine cu puntea 2, exceptând inductanţa L'_1.

Funcţiile de conversie ale punţii sunt notate cu n_1 şi n_2, funcţiile de generare corespunzătoare cu n_{g1} şi n_{g2}.

Tensiunile v_{a13} şi v_{a23} reprezintă tensiunile între faze, în A:

$$v_{a13} = v_{a1} - v_{a3}$$
$$v_{a23} = v_{a2} - v_{a3} \qquad (6)$$

Comanda va permite să se stabilească funcţiile de conversie ale generării din valorile de reglaj i_1^* şi i_2^* şi din măsurătorile necesare.

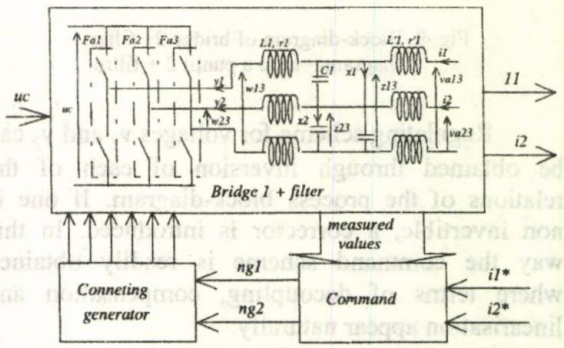


Fig. 12. Architecture of bridge 1 command.
Arhitectura comenzii punţii 1.

Procesul realizat de puntea 1 şi filtrele asociate poate fi modelat prin diagrama-bloc din figura 13. Diagrama-bloc de comandă este dată în figura 14.

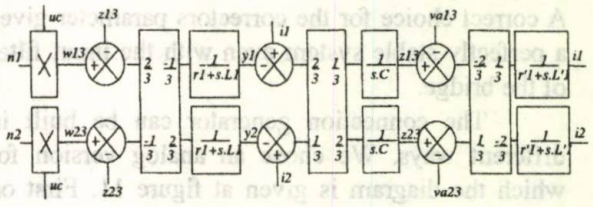


Fig. 13. Block-diagram of bridge 1+filter process.
Diagrama-bloc pentru procesul punţii 1 + filtre.

Process made from bridge 1 and associated filter can be modelled by the block-diagram of figure 13. The block-diagram of the command is given in figure 14

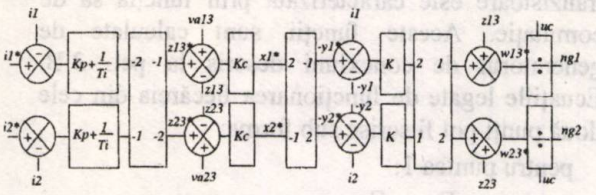


Fig. 14. Block diagram of bridge 1 command
Diagrama-bloc a comenzii punţii 1.

The connection generator used for bridge 1 is similar to the one used for bridge 2. It allows to establish the switching functions F_{a1}, F_{a2} and F_{a3} from generating functions n_{g1} and n_{g2}.

4. Modelling of UPFC

In order to validate the former described control principle and to show off the UPFC structure performances, it is necessary to build a model of the converters so that simulation may be carried out. Two modelling methods are proposed.

In the first one, the converter models are built from ideal converting functions. This allows for getting rid of the internal operation of the converters and their filters, and so to quickly validate the proposed control.

In the second one, the internal operation of the converters is taken into account, and so the whole control scheme coherence may be verified.

4.A. Modelling by using ideal conversion functions

The easiest way to idealise the operation of the bridge-filter association is to use set values as substitute for the bridge controlled values, which gives:

for bridge 1: $i_1=i_1^*$ $\quad i_2=i_2^*$ (7)

for bridge 2: $v_1=v_1^*$ $\quad v_2=v_2^*$ (8)

Both converters and their filters are replaced by ideal convertion functions which are defined as follows:

for bridge 1: $\bar{n}_1=\dfrac{v_{a13}}{u_c}$ $\quad \bar{n}_2=\dfrac{v_{a23}}{u_c}$ (9)

for bridge 2: $\bar{m}_1=\dfrac{-v_1}{u_c}$ $\quad \bar{m}_2=\dfrac{v_2}{u_c}$ (10)

Generatorul de conexiuni utilizat de puntea 1 este similar cu acela utilizat de puntea 2. El permite să se stabilească funcţiile de comutaţie F_{a1}, F_{a2} şi F_{a3} pornind de la funcţiile de generare n_{g1} şi n_{g2}.

4. Modelarea UPFC

Pentru a valida principiul de comandă descris anterior şi a scoate în evidenţă performanţele structurii UPFC, este necesar să se construiască un model al convertoarelor, astfel încât simulările să poată fi realizate. Sunt propuse două metode de modelare. În prima, modelele convertoarelor sunt construite cu ajutorul unor funcţii de conversie ideale. Aceasta permite să se evite problemele de funcţionare internă a convertoarelor şi filtrelor lor şi astfel să se valideze rapid controlul propus. În al doilea rând, funcţionarea internă a convertoarelor este luată în consideraţie şi astfel coerenţa întregii scheme de comandă poate fi verificată.

4.A. Modelarea prin utilizarea funcţiilor de conversie ideale

Cea mai uşoară cale de idealizare a funcţionării asociaţiei punte-filtru este utilizarea valorilor de referinţă ca substituient pentru valorile controlate ale punţii, ceea ce înseamnă:

pentru puntea 1: $i_1=i_1^*$ $\quad i_2=i_2^*$ (7)

pentru puntea 2: $v_1=v_1^*$ $\quad v_2=v_2^*$ (8)

Ambele convertoare şi filtrele lor sunt înlocuite prin funcţiile lor de conversie ideale, care sunt definite după cum urmează:

pentru puntea1: $\bar{n}_1=\dfrac{v_{a13}}{u_c}$ $\quad \bar{n}_2=\dfrac{v_{a23}}{u_c}$ (9)

pentru puntea 2: $\bar{m}_1=\dfrac{-v_1}{u_c}$ $\quad \bar{m}_2=\dfrac{v_2}{u_c}$ (10)

Conservarea puterilor instantanee între intrarea şi ieşirea convertorilor conduce la:

$$i_{ca}=\bar{n}_1 i_1+\bar{n}_1 i_2 \qquad i_{cb}=\bar{m}_1 j_{b1}+\bar{m}_2 j_{b2} \quad (11)$$

Poate fi astfel obţinut curentul i_c, ce străbate condensatorul C, şi ecuaţia diferenţială care leagă u_c de i_c:

$$i_c=i_{ca}+i_{cb} \qquad C\frac{du_c}{dt}+\frac{u_c}{R_p}=i_c \quad (12)$$

unde R_p este o rezistenţă echivalentă care modelează pierderile de putere în convertor şi este conectată la bornele condensatorului C.

Conservation of instantaneous power between input and output of the converters yields to:

$$i_{ca} = \bar{n}_1 i_1 + \bar{n}_1 i_2 \; ; \quad i_{cb} = \bar{m}_1 j_{b1} + \bar{m}_2 j_{b2} \; . \quad (11)$$

Current *ic* in capacitor *C* and the differential equation linking uc to *ic* may then be derived:

$$i_c = i_{ca} + i_{cb} \; ; \qquad C\frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{R_p} = i_c \; . \quad (12)$$

where R_p is an equivalent resistance which stands for the converter power losses and is connected across capacitor *C*.

4.B. Modelling by using real conversion functions

The semiconductor switching devices are assumed to be ideal and each switching cell is caracterised by its switching function. These functions are calculated by the connection generator described in section 4.B. Equations related to the operation of each of the two bridges can then be written as follows:

- for bridge 1:

$$\begin{aligned} n_1 &= F_{a1} - F_{a3} \qquad w_{13} = n_1 u_c \\ n_2 &= F_{a2} - F_{a3} \qquad w_{23} = n_2 u_c \end{aligned} \quad (13)$$

- for bridge 2:

$$\begin{aligned} m_1 &= F_{b1} - F_{b3} \qquad u_{13} = m_1 u_c \\ m_2 &= F_{b2} - F_{b3} \qquad u_{23} = m_2 u_c \end{aligned} \quad (14)$$

Conservation of instantaneous power between input and output of the converters yields to:

$$i_{ca} = n_1 y_1 + n_2 y_2 \qquad i_{cb} = m_1 j_1 + m_2 j_2 \quad (15)$$

Current i_c in capacitor *C* and the differential equation linking u_c to i_c may then be derived.

5. Simulation

In order to validate the command principles described above, simulations were performed in which the UPFC was inserted in the middle of a line as shown in figure 4. The numerical values of the various components were chosen in order to simulate the UPFC in the micronetwork of the FPMs.

$L_a = L_b = 8$ mH	$r_a = r_b = 1\ \Omega$
$L_1 = L_2 = 1$ mH	$r_1 = r_2 = 0.5\ \Omega$
$L'_1 = 4$ mH	$r'_1 = 0.5\ \Omega$
$C_1 = C_2 = 10\ \mu$F	$C = 1000\ \mu$F
$V_s = V_r = 127$ V rms	$\alpha = \pi/6$
$m = 1$	$U_c^* = 400$ V
$V_{bm}^* = 127.\sqrt{2}$ V	

4.B. Modelarea prin utilizarea funcţiilor reale de conversie

Dispozitivele comutaţie semiconductoare sunt presupuse a fi ideale şi fiecare celulă de tranzistoare este caracterizată prin funcţia sa de comutaţie. Aceste funcţii sunt calculate de generatorul de conexiuni descris la pct. 3.B. Ecuaţiile legate de funcţionarea fiecăreia din cele două punţi pot fi scrise sub forma:

- pentru puntea 1:

$$\begin{aligned} n_1 &= F_{a1} - F_{a3} \qquad w_{13} = n_1 u_c \\ n_2 &= F_{a2} - F_{a3} \qquad w_{23} = n_2 u_c \end{aligned} \quad (13)$$

- pentru puntea 2:

$$\begin{aligned} m_1 &= F_{b1} - F_{b3} \qquad u_{13} = m_1 u_c \\ m_2 &= F_{b2} - F_{b3} \qquad u_{23} = m_2 u_c \end{aligned} \quad (13)$$

Conservarea puterii instantanee între intrarea şi ieşirea convertoarelor conduce la:

$$i_{ca} = n_1 y_1 + n_2 y_2 \qquad i_{cb} = m_1 j_1 + m_2 j_2 \quad (15)$$

Poate fi astfel obţinut curentul i_c în condensatorul C şi ecuaţia diferenţială care leagă u_c de i_c.

5. Simulare

Pentru a valida principiile de comandă descrise mai sus, au fost realizate simulări în care UPFC a fost inserat în mijlocul unei linii, după cum se vede în figura 4. Valorile numerice ale diverselor componente au fost alese pentru a simula UPFC în microreţeaua din FPMs.

$L_a = L_b = 8$ mH	$r_a = r_b = 1\ \Omega$
$L_1 = L_2 = 1$ mH	$r_1 = r_2 = 0.5\ \Omega$
$L'_1 = 4$ mH	$r'_1 = 0.5\ \Omega$
$C_1 = C_2 = 10\ \mu$F	$C = 1000\ \mu$F
$V_s = V_r = 127$ V rms	$\alpha = \pi/6$
$m = 1$	$U_c^* = 400$ V
$V_{bm}^* = 127.\sqrt{2}$ V	

Figurile 15 şi 16 reprezintă evoluţia diverselor valori în cazul variaţiilor bruşte ale valorilor instantanee de referinţă ale puterilor active şi reactive. Modelarea prin utilizarea funcţiilor de conversie ideale duce la formele de undă din figura 15, în timp ce utilizarea funcţiilor de conversie reale duce la formele de undă din figura 16. Rezultatele sunt foarte apropiate, astfel încât modelul cu funcţii de conversie ideale va fi preferat pentru simulări viitoare, deoarece timpul de simulare este considerabil mai scurt. Se poate vedea că puterile active p_a şi reactive q_a urmăresc

Figure 15 and 16 represent the evolution of various values in case of sudden variations of set point values for active and reactive powers. Modelling by using ideal conversion functions leads to the waveforms of figure 15 while using real conversion functions leads to the waveforms of figure 16. The results are quite similar, so the ideal conversion function model will be preferred for forthcoming simulations as simulation time is considerably shortered. It can be seen that the active (p_a) and reactive (q_a) powers follow their respective set values with a delay less than one power line period. The amplitude of the voltage v_b is kept at its set value V_{bm}*.

The quality of voltages v_1, v_2, v_3 and injected current i_1, i_2, i_3 in the power network can also be assessed, being almost harmonics free. Input filters of the bridge are therefore making a correct filtering action and never enter resonance which is a testimony of a good command working.

Voltage *uc* across storage capacitance is subject to reasonable variations.

Conclusion

A new command for an UPFC structure is proposed. It is based on a δ angle control between voltages of each end of the UPFC. The UPFC structure includes harmonics filters at the output of the inverters. In this way injected voltages and currents are harmonics free. Command of both bridges was built in such a way as to avoid any filter resonance in the system.

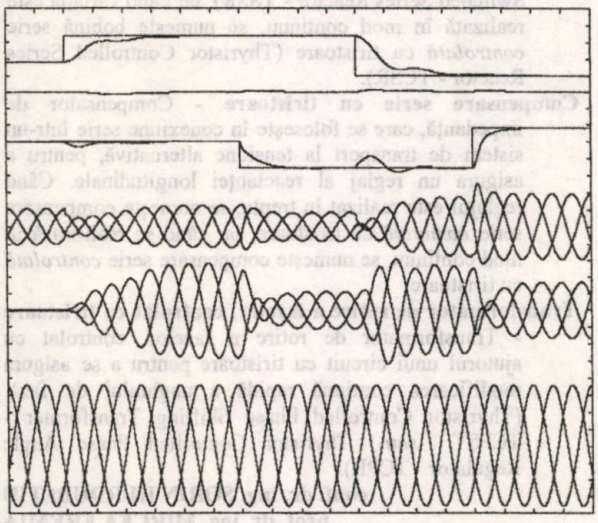


Fig.15. Simulation with ideal conversion functions.
Simulări cu funcţiile de conversie ideale.

valorile de reglaj corespunzătoare, cu o întârziere mai mică decât o perioadă a linici.

Amplitudinea tensiunii v_b este menţinută la valoarea sa reglată V_{bm}*.

Se observă că tensiunile v_1, v_2 , v_3 şi curenţii injectaţi i_1, i_2, i_3 în reţeaua de transport sunt aproape fără armonici. Filtrele de intrare ale punţii realizează o acţiune de filtrare corectă şi nu intră în rezonanţă; acest lucru este mărturie a bunei funcţionări a comenzii.

Tensiunea u_c de pe condensatorul de stocare variază în limite rezonabile.

Concluzii

Este propusă o nouă comandă pentru o structură UPFC. Ea se bazează pe unghiul de comandă δ între tensiunile de la capetele UPFC. Structura UPFC include filtre de armonici la ieşirea din invertoare. În acest mod tensiunile şi curenţii injectaţi sunt liberi de armonici. Comanda ambelor punţi a fost construită într-o asemenea manieră încât nu permite nici o rezonanţă în sistem.

Rezultatele obţinute din simulare validează principiul de comandă şi parametrii de reglaj aleşi. Rezultatele obţinute sunt foarte încurajatoare şi vor fi urmate de construirea prototipului care va fi inclus într-o microreţea a lui FMPs pentru a permite verificări experimentale.

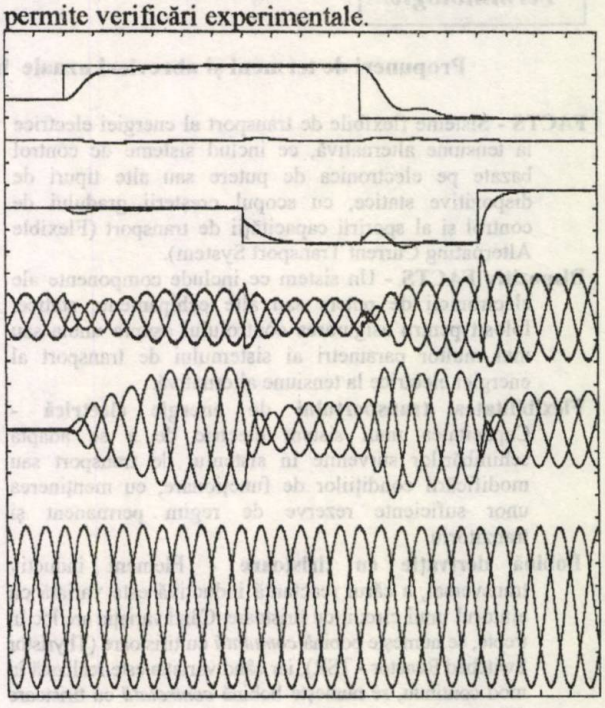


Fig. 16. Simulation with ideal conversion functions.
Simulări cu funcţiile de confersie reale.

Simulation results obtained validate the command principle and the choice of regulation parameters. Results obtained are very encouraging, and will be followed by a prototype building which will be inserted into the micronetwork of the FMPs to allow experimental verifications.

REFERENCES

[1] Le Du, A. *Pour un réseau électrique plus performant: le projet FACTS.* In: R.G.E. - N° 6, Juin 1992, pp 105 à 121

[2] Le Du, A., Tontint, G. and Winfield, M. *Wich FACTS equipment for which need* ?, CIGRE Plenary session 1992, Paris, Sept. 1992, paper 14/37/38.08.

[3] Hingorani, N., G. *Flexible AC Transmissions.* In: IEEE Spectrum, April 1993, pp 40 - 45.

[4] Mpanda-Mabwe, B., Crappe, M., Trecat, J., Renglet, M. , Delfino, B., Denegri, G.B., Invernizzi, M. *Simulation and control technique of FACTS,* Proc. EPE'95, Seville, Sept. 1995, pp. 2.167 - 2.172

[5] Lei, X., Pouh, D., Lerch, E. *Global Parameter Setting of FACTS-Controllers for Improving Power System Stability,* Proc. IPST'95, International Conference on Power Systems Transients, Lisbon September 1995, pp. 436 - 441.

[6] Gyugyi, L. *An Unified Power Flow Control Concept for Flexible AC Transmission Systems,* IEE fifth International Conference on AC and DC Power Transmission, London, September 1991, pp. 19 - 26.

[7] Stubbe, H., Bihain, A., Deuse, J., Baader, J.C. *STAG - A New Software Program for the Study of the Dynamic Behaviour of Power Systems.* In: IEE Trans. on Power Systems, vol. 4, No. 1, February 1989.

[8] Olivieri, F. *Technive Innovative di Controllo delle Transmissione in C.C. Modellistica e Simulazione dei Dispositivi FACTS mediante EUROSTAG,* Tesi svolta presso le Faculté Polytechnique de Mons. 1993.

[9] Hautier, J.P., Guillaud, X. *Le formalisme et les modèles hybrides appliqués à des convertisseurs statiques électroniques..* In: RGE - n°1, janvier 1995, pp25 - 33

Referent: prof. dr. ing. Petre Postolache - Facultatea de Energetică, Universitatea "POLITEHNICA", Bucureşti

Traducere: ing. Cornel Aldea - Centrul de Cercetare - GSCI

(Primit la 20 ianuarie 1997, acceptat la 12 mai 1997)

Terminologie

Propuneri de termeni şi abrevieri uzuale în domeniul FACTS supuse discuţiei cititorilor:

FACTS - Sisteme flexibile de transport al energiei electrice la tensiune alternativă, ce includ sisteme de control bazate pe electronica de putere sau alte tipuri de dispozitive statice, cu scopul creşterii gradului de control şi al sporirii capacităţii de transport (Flexible Alternating Current Transport System).

Dispozitiv FACTS - Un sistem ce include componente ale electronicii de putere sau alte echipamente statice, folosit pentru asigurarea controlului asupra unuia sau mai multor parametri ai sistemului de transport al energiei electrice la tensiune alternativă.

Flexibilitatea transportului de energie electrică - Capacitatea unui sistem electric de a se adapta schimbărilor survenite în sistemul de transport sau modificării condiţiilor de funcţionare, cu menţinerea unor suficiente rezerve de regim permanent şi tranzitoriu.

Bobină derivaţie cu tiristoare - Element inductiv transversal, a cărui reactanţă inductivă este variată cu ajutorul unui circuit cu tiristoare. Când variaţia are loc în trepte, se numeşte bobină *comutată* cu tiristoare (Thyristor Switched Reactor - TSR), iar când variaţia este realizată în mod continuu, se numeşte bobină *controlată* cu tiristoare (Thyristor Controlled Reactor - TCR).

Bobină serie cu tiristoare - Element inductiv longitudinal, a cărui reactanţă inductivă este variată cu ajutorul unui circuit cu tiristoare. Când variaţia are loc în trepte se numeşte bobină serie *comutată* cu tiristoare (Thyristor Switched Series Reactor - TSSR), iar când variaţia este realizată în mod continuu, se numeşte bobină serie *controlată* cu tiristoare (Thyristor Controlled Series Reactor - TCSR).

Compensare serie cu tiristoare - Compensator de impedanţă, care se foloseşte în conexiune serie într-un sistem de transport la tensiune alternativă, pentru a asigura un reglaj al reactanţei longitudinale. Când reglajul este realizat în trepte, se numeşte compensare serie *comutată* cu tiristoare, iar când se realizează în mod continuu, se numeşte compensare serie *controlată* cu tiristoare

Transformator de rotire a fazelor, controlat cu tiristoare - Transformator de rotire a fazelor, controlat cu ajutorul unui circuit cu tiristoare pentru a se asigura modificarea continuă rapidă a unghiului de fază. (Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer - TCPST *sau* Thyristor Controlled Phase Angle Regulator - TCPR).

conf. dr. ing. SORIN HURDUBEŢIU
prof. dr. ing. MIRCEA EREMIA
prof. dr. ing. NICOLAE GOLOVANOV

(continuare în p. 279) ⇩

FILTRU ACTIV PARALEL UTILIZAT LA COMPENSAREA CURENTULUI DE LINIE ÎN CAZUL REDRESOARELOR

ş.l. dr. ing. DAN FODOR, as. ing. DAN FLORICĂU, prof. dr. ing. FLORIN IONESCU, as. ing. CRISTIAN BOGUŞ*

În lucrare sunt prezentate problemele legate de poluarea reţelelor de alimentare de către convertoarele statice de putere (CSP) şi sunt trecute în revistă metodele actuale pentru minimizarea efectelor acestei poluări. Este prezentat principiul filtrării active, precum şi o structură de filtru activ paralel, atât din punctul de vedere al configuraţiei, cât şi din punctul de vedere al pricipiului de comandă şi al problemelor specifice. În secţiunea experimentală este exemplificată depoluarea reţelei electrice de alimentare pentru cazul în care consumatorul poluant este un redresor trifazat în punte cu sarcină RL.

The paper presents the problems related to the supply network pollution coused by the power static converters (CSP) and the current methond aimed at minimizing pollution effects are reviewed. There are presented the active filtering principle as well as an active parallel filter structur, the formes being considered both from the configuration point of view and of the control principle and its related problems. In the enperimental section the supply network depollution in ilustrated for the case in which the pollutant consumer is a RL boad threephase bridge rectifier.

Descriptori: filtru activ, convertizor trifazat

Introducere

Convertoarele statice de putere constituie elemente de conversie a energiei electrice livrată de reţeaua de alimentare şi destinată consumatorilor. Convertoarele statice joacă rol dublu: de receptor, pentru reţeaua de alimentare, şi de generator, pentru receptorul de energie (consumator). Fiind elemente puternic neliniare, CSP-urile perturbă puternic reţeaua de alimentare, generând armonici de curent/tensiune şi toate consecinţele acestora. Problema factorului de putere este luată în studiu de mult timp şi în consecinţă la ora actuală există standarde cu privire la variaţia factorului de putere, iar tarifarea consumului de energie se face conform acestora. Îmbunătăţirea factorului de putere se poate realiza cu maşini sincrone speciale (compensatoare de energie reactivă), baterii de condensatoare, compensatoare statice sau mai recent cu filtre active, care realizează - pe lângă atenuarea armonicilor - şi compensarea puterii reactive.

* Facultatea de Electrotehnică, Universitatea "POLITEHNICA " Bucureşti

Problema evaluării armonicilor în cadrul unui sistem de distribuţie se poate considera în diferite puncte. La fiecare nivel, diferitele tipuri de armonici pot avea efecte distincte, motiv pentru care atât riscurile, cât şi metodele de corectare sunt diferite. Metoda modernă pentru compensarea armonicilor poluante datorate funcţionării CSP este filtrajul activ.

1. Armonicile - generare, urmări şi moduri de corecţie

Armonicile de diferite ranguri pot apărea în configuraţii şi condiţii diverse; în consecinţă, efectele lor sunt diverse şi modalităţile de minimizare/anulare sunt adaptate de la caz la caz. Câteva dintre situaţiile frecvent întâlnite sunt:

❶ *la nivelul unei faze a unui transformator triunghi-stea:*

Efecte: armonicile de rang **3k** se însumează algebric pe firul neutru.

Consecinţe: curenţii se pot reflecta în primarul transformatorului, determinând supraîncălzirea şi toate consecinţele acesteia.

Corecţie: conectarea de filtre pentru armonicile în cauză.

❷ *la nivelul motoarelor asincrone:*

Efecte: dacă tensiunea de alimentare este distorsionată se pot crea câmpuri învârtitoare opuse ca sens, ceea ce duce la reducerea cuplului, supraîncălzire, "agăţarea" motorului.

Consecinţe: defecte ale motoarelor.

Corecţie: adăugarea de filtre şi redistribuirea sarcinii.

❸ *la nivelul reţelelor de iluminat:*

Efecte: suprasolicitări în diferite puncte ale reţelei.

Consecinţe: scurtcircuite, întreruperea iluminatului.

Corecţie: punerea mai multor conductoare în paralel sau instalarea unui "balast" pentru armonicile de rang mic.

❹ *la nivelul întreruptoarelor:*

Efecte: întreruptoarele sensibile la mărimi vârf-la--vârf pot declanşa accidental la curenţi mici sau nu declanşează la curentul dorit, după cum armonicile se adună sau se scad.

Consecinţe: toate riscurile legate de funcţionarea defectuoasă a întreruptoarelor.

Corecţie: reechilibrarea sarcinii, instalarea de filtre pentru armonici, înlocuirea întreruptorului cu unul special pentru sarcini neliniare.

2. Depoluarea cu filtru activ de tip paralel

Există două motive esenţiale care au impus o tratare mai severă a efectelor utilizării CSP, şi anume, pe de-o parte, faptul că la ora actuală există în mod categoric o multitudine de aplicaţii ale CSP, iar, pe de altă parte, faptul că CSP sunt poluante pentru reţeaua de alimentare. Consecinţă firească, au fost stabilite şi impuse norme actualizate referitoare la perturbaţiile electromagnetice (*EMI* - Electro-Magnetical Interference) şi la perturbaţiile pe unde radio (*RFI* - Radio Frequency Interference), într-un cuvânt noi standarde pentru asigurarea compatibilităţii electromagnetice (*EMC* - Electro-Magnetical Compatibility).

Pentru rezolvarea problemei armonicilor se pot utiliza *filtrele pasive* sau convertoare statice speciale dedicate compensării efectelor poluante numite *filtre active.*

Filtrele pasive sunt filtre *LC.* Inconvenientele filtrelor pasive ţin de insuficienta adaptare la fluctuaţiile de frecvenţă ale curenţilor filtraţi şi de dimensionarea dificilă datorată necunoaşterii exacte a impedanţei reţelei. În plus, ele sunt voluminoase, iar costul materialelor este important.

Filtrele active sunt convertoare statice de putere specializate . Ele se comportă ca surse de curent comandate. Principiul de funcţionare este conceput astfel încât curenţii absorbiţi de la reţea de consumator să fie sinusoidali şi în fază cu tensiunile de fază. Filtrele active paralel sunt utilizate în general pentru compensarea armonicilor de curent. Modelul prezentat în lucrarea de faţă realizează pe lângă depoluarea curentului de linie şi compensarea puterii reactive. Restricţiile în folosirea filtrelor active provin din preţul lor ridicat, din introducerea în reţea a unor armonici de frecvenţe foarte mari (datorate comutaţiei dispozitivelor semiconductoare de putere), din pierderile datorate comutaţiei şi din dificultatea de a fi realizate cu un bun răspuns în curent.

2.1. Structura filtrului activ

Filtrul activ realizat este compus din două secţiuni principale:

- secţiunea de comandă, care asigură stabilitatea sistemului şi sintetizează curenţii de referinţă;
- secţiunea de forţă, practic "instrumentul" prin care schema de comandă impune curenţii de referinţă în reţea.

Structura schemei de forţă a filtrului activ este cea prezentată în figura 1 şi se bazează pe un convertor static cu element de stocare capacitiv, comandat pe principiul PWM. Condensatorul acţionează ca un rezervor de energie pe durata regimurilor tranzitorii rapide şi face posibilă sintetizarea formei necesare pentru curenţii din ieşirea punţii. Bobinele de la intrarea punţii se constituie într-un filtru de ordinul I, care serveşte la atenuarea armonicilor datorate comutaţiei, armonici care sunt în mod inevitabil conţinute în curenţii furnizaţi de către sistem.

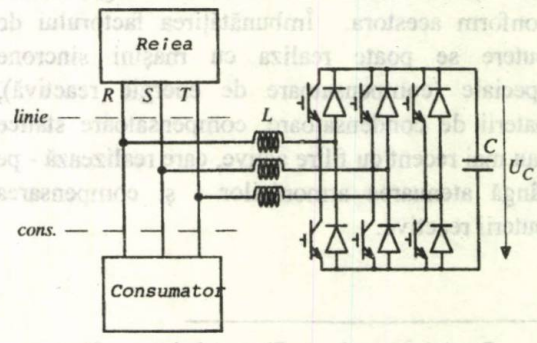


Fig. 1. Structura schemei de forţă a filtrului activ.

2.2. *Funcţionarea şi schema de comandă*

Filtrul activ propus impune în reţeaua de alimentare un sistem simetric şi echilibrat de curenţi aflaţi în fază cu tensiunile reţelei (este vorba, firește, despre tensiunile de fază). Astfel, atât puterea reactivă, cât şi armonicile sunt împiedicate să se propage în reţeaua de alimentare.

Schema funcţională a secţiunii de comandă este prezentată în figura 2.

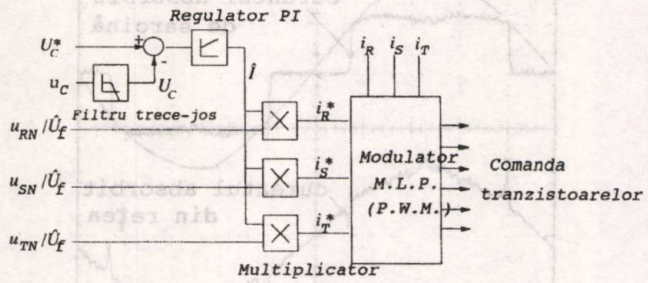


Fig. 2. Schema bloc de principiu a comenzii filtrului activ.

Pornind de la tensiunile de fază ale reţelei este sintetizat un sistem sinusoidal trifazat de amplitudine unitară. Acest sistem este modulat în amplitudine de răspunsul regulatorului *PI*, care asigură tensiunea U_c constantă la bornele condensatorului.

În intrarea regulatorului *PI* este aplicată eroarea dintre tensiunea reală la bornele condensatorului (u_c, după filtraj U_c) şi valoarea de referinţă (prescrisă) a acesteia, U_c^*. Răspunsul regulatorului constituie amplitudinea $\hat{I}$ a sistemului curenţilor de referinţă. În urma modulării în amplitudine a sistemului sinusoidal unitar se obţin referinţele curenţilor pentru fiecare fază. Pornind de la aceste valori de referinţă şi de la valorile reale ale curenţilor în reţea, modulatorul PWM elaborează comenzile logice pentru ca referinţele i_R^*, i_S^*, i_T^* pentru curenţii i_R, i_S, i_T să fie efectiv impuse în reţea. Sistemul controlează, aşadar, curenţii în reţeaua de alimentare.

Principala problemă care trebuie soluţionată prin construcţia filtrului activ este asigurarea echilibrului permanent de puteri active $P_{linie} = P_{cons}$ la nivelul reţelei, respectiv consumatorului; în caz contrar, puterea rezultată din diferenţa ($P_{linie} - P_{cons}$) va trebui furnizată de filtrul activ. Astfel, se poate produce o acumulare sau scurgere de energie la nivelul elementului de stocare (condensatorului) din componenţa filtrului activ; această situaţie se traduce prin supratensiuni, care pot periclita întregul sistem, sau prin scăderea tensiunii la bornele condensatorului la o valoare insuficientă, care nu mai permite impunerea curenţilor sinusoidali în reţea.

Soluţia acestei probleme constă în detecţia cât mai precisă a puterii active instantanee absorbite de către consumatorul poluant şi concomitent prin reglajul tensiunii la bornele condensatorului de stocare *C*. În acest scop, în structura de comandă a sistemului este introdus un regulator de tip *PI*, care adaptează sistemul de curenţi absorbiţi la valoarea tensiunii de la bornele condensatorului. Parametrii regulatorului trebuie adaptaţi valorii condensatorului de stocare; dacă această condiţie nu este respectată şi reglajul este excesiv de rapid, sistemul poate deveni instabil şi poate el însuşi introduce în reţea armonicile 5 şi 7; pe de altă parte, un reglaj lent implică problema unor variaţii mari ale tensiunii la bornele elementului de stocare, în special în decursul regimurilor tranzitorii. Alegerea parametrilor regulatoarelor PI trebuie să materializeze un compromis între cele două considerente menţionate imediat anterior. Pentru că sistemul este neliniar, fixarea parametrilor a fost realizată apelând la simularea numerică. Condensatorul de stocare *C* trebuie să aibă valori de ordinul sutelor de μF.

Un alt aspect practic important este asigurarea protecţiei filtrului activ în cazul pornirii şi la apariţia suprasarcinilor/scurtcircuitului din/pe partea consumatorului. Deoarece impunerea curentului se face direct în reţeaua de alimentare, singurele elemente de măsurare pentru curenţi se află în conexiunile filtru activ - linie, iar reglajul curenţilor injectaţi în reţea se face în buclă deschisă. Pentru a nu complica structura şi a nu creşte excesiv preţul sistemului, s-a optat pentru o soluţie care evită plasarea unor elemente de măsurare suplimentare în scopul evaluării curenţilor generaţi de filtrul activ. În soluţia aleasă, atât protecţia la suprasarcini, cât şi protecţia la scurtcircuit sunt asigurate de circuitele integrate (*driverele*) pentru comanda tranzistoarelor de putere. *Driverele* integrează protecţii la scurtcircuit; pe baza acestora au fost dezvoltate protecţii la suprasarcină;

funcţionarea lor se bazează pe supravegherea nivelului tensiunii colector - emitor a tranzistoarelor de putere din componenţa convertorului static şi blocarea comenzilor punţii într-un mod specific în cazul detectării unei avarii. Se poate opta pentru reluarea funcţionării în mod automat după un anumit timp sau pentru intervenţia unui operator care să asigure o nouă pornire a filtrului activ după o verificare prealabilă.

Structura de comandă şi protecţie este implementată analogic, însă ea poate fi realizată de asemenea, şi în variantă digitală, folosind microprocesoare în virgulă fixă, care oferă atât avantajul preţului redus, cât şi o putere de calcul suficientă pentru comanda şi reglajul integral al filtrului activ.

3. Rezultate experimentale

Compensarea cu filtru activ paralel a armonicilor de curent a fost verificată atât în cazul unei punţi redresoare necomandate, cât şi pentru un redresor trifazat în punte cu tiristoare. În figura 3 sunt arătate histogramele spectrelor armonice pentru curentul de linie absorbit de puntea comandată la unghi de comandă nul, în cazurile fără/cu filtru activ (la valoarea efectivă de 2,2 A a curentului din primarul transformatorului de alimentare al redresorului).

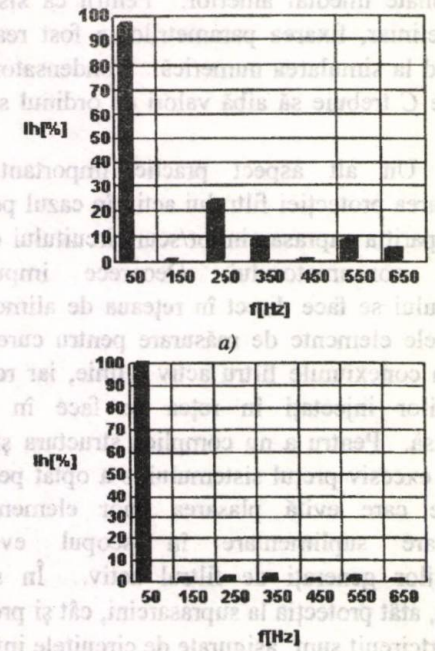


Fig. 3. Histogramele curentului absorbit din reţea de redresorul trifazat în punte cu tiristoare la $\alpha = 0$: a - fără filtru activ, kd = 28,4 %, b - cu filtru activ, kd = 7% (kd coeficientul total de distorsiuni armonice, *THD* eng.).

În figurile 4 şi 5 sunt prezentate curbele corespunzătoare funcţionării filtrului activ la compensarea curentului absorbit din reţea de redresorul trifazat în punte cu diode, respectiv cu tiristoare (unghi de comandă 30°el.). În toate configuraţiile sarcina redresorului este de tip RL.

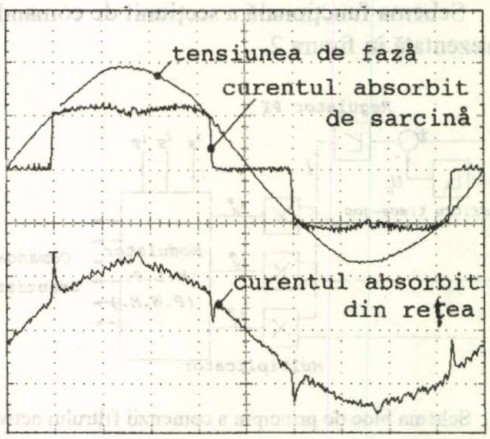


Fig. 4. Compensarea cu filtru activ paralel a curentului de linie absorbit din reţea de un redresor trifazat în punte cu diode.

Concluzii

În lucrare este abordată problema influenţei convertorului static de putere asupra reţelei care îl alimentează. Sunt prezentate posibilităţi de compensare a poluării datorate CSP, cu accent pe cea mai recentă metodă: filtrajul activ. În amonte faţă de convertorul static poluant (redresor trifazat în punte cu diode/tiristoare) este montat un filtru activ trifazat paralel, pentru minimizarea poluării reţelei prin curenţii nesinusoidali absorbiţi de redresor. Sunt date pentru comparaţie histograme şi forme de undă în cazurile fără/cu filtru activ.

În cazul tuturor rezultatelor experimentale conţinute în lucrare se remarcă abaterea curenţilor absorbiţi de redresor de la forma sinusoidală, exemplu de materializare a efectului nedorit al convertorului static asupra reţelei.

Eficacitatea filtrului activ paralel conectat la intrarea redresorului este confirmată în figura 4 prin *aplatizarea* spectrului armonic şi reducerea de circa 4 ori a coeficientului kd. Se remarcă, de asemenea, rolul filtrului activ în transformarea curentului de linie în curent sinusoidal.

În concluzie, utilitatea filtrului activ este de necontestat; convertor static suplimentar, filtrul

activ de tip paralel oferă avantajul cert al minimizării influenţei poluante a CSP asupra

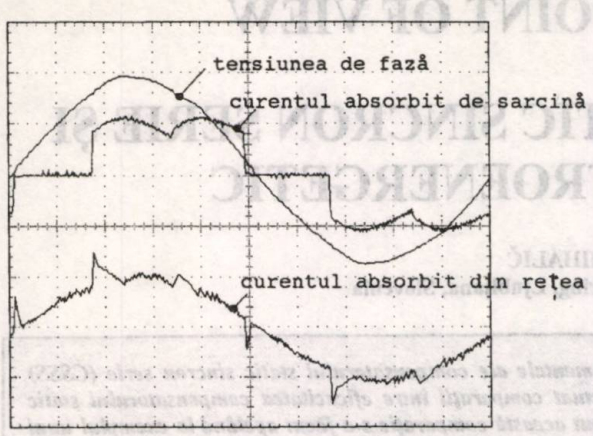


Fig. 5. Compensarea cu filtru activ paralel a curentului de linie absorbit din reţea de un redresor trifazat în punte cu tiristoare, unghi de comandă 30°el.

reţelei; în schimb, este o structură care creşte complexitatea instalaţiei şi implicit preţul acesteia. Din acest motiv trebuie analizată corect necesitatea şi mai ales eficienţa utilizării metodei şi sistemului care o implementează de la caz la caz.

BIBLIOGRAFIE

[1] Fodor, D. *Convertoare statice speciale* - Curs, Fac. Electrotehnică, Bucureşti, 1995.

[2] Ionescu, F. şi colectiv, *Convertisseurs statiques de puissance*, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1994.

[3] * * * Fluke T&M News, No. 3/1994.

[4] du Parc, J. *Reseaux Industriels-Correction de la puissance reactive et des harmoniques*, Techniques de l'ingenieur, Traite Genie Electrique, D3 215

Referent: prof. dr. ing. Nicolae Golovanov - Facultatea de Energetică, Universitatea "POLITEHNICA", Bucureşti

(Primit la 20 ianuarie, acceptat la 14 aprilie 1997)

⇩ (continuare din p. 274)

Compensator static de putere reactivă - Dispozitiv static transversal, care poate genera sau absorbi putere reactivă, a cărui mărime de ieşire poate fi reglată pentru a se asigura menţinerea sau reglarea unor parametri specifici ai sistemului electric, în principal tensiunile la bare (Static var Compensator - SVC).

Compensator static sincron - Dispozitiv static sincron conectat în derivaţie, folosit drept compensator static de putere reactivă şi debitând un curent capacitiv sau inductiv, ce poate fi controlat independent de tensiunea reţelei (Static Synchronous Compensator - STATCOM).

Compensator static sincron serie - Dispozitiv static sincron fără sursă de energie electrică externă, funcţionând ca un compensator serie a cărui tensiune de ieşire este în cuadratură cu curentul de fază şi reglabilă independent de acesta. Este folosit pentru scăderea sau creşterea componentei reactive a căderii de tensiune totale a liniei, în scopul controlării energiei electrice transportate. Poate include dispozitive de stocare sau de disipare a energiilor tranzitorii, cu scopul îmbunătăţirii comportării dinamice a sistemului prin suplimentarea temporară a compensării puterii active în vederea scăderii sau creşterii momentane a componentei active a căderii de tensiune totale a liniei (Static Synchronous Series Compensator - SSSC).

Condensator comutat cu tiristoare - Baterie de condensatoare conectată în derivaţie, a cărei reactanţă capacitivă este variată în trepte, prin funcţionarea de întreruptoare statice (Thyristor Switched Capacitor - TSC).

Condensator serie cu tiristoare - Compensator cu reactanţă capacitivă ce constă dintr-o baterie de condensatoare, în conexiune serie, a cărei capacitate poate fi modificată prin şuntarea unor elemente, cuprinzând o bobină în serie cu un circuit cu tiristoare. Când variaţia se realizează în trepte, se numeşte condensator serie *comutat* cu tiristoare (Thyristor Switched Series Capacitor - TSSC), iar atunci când ea se realizează în mod continuu, se numeşte condensator serie *controlat* cu tiristoare (Thyristor Controlled Series Capacitor - TCSC).

Controlor unificat al circulaţiei de putere (UPFC) - Combinaţie dintre un compensator static sincron şi un compensator static sincron longitudinal, cuplate printr-o legătură comună la tensiune continuă, pentru a asigura fluxul bidirecţional de putere activă între bornele de ieşire serie ale celui de al doilea compensator şi bornele derivaţie ale primului compensator. Controlorul unificat poate asigura, prin inserarea în linie a unei tensiuni, controlul independent sau selectiv al tensiunii liniei electrice de transport, al modulului şi al defazajului ei sau al circulaţiei de putere activă şi reactivă pe linia respectivă. Acest tip de controlor asigură, de asemenea, compensarea reactivă transversală independent controlabilă (Unified Power Flow Controller - UPFC).

Generator sau receptor static de putere reactivă - Dispozitiv sau echipament electric static, capabil să absoarbă dintr-un sistem electric un curent capacitiv sau/şi inductiv, asigurând astfel generare sau consum de putere reactivă. În general, constă din bobine conectate în derivaţie şi controlate cu tiristoare şi/sau baterii de condensatoare comutate cu ajutorul tiristoarelor (Static var Generator *or* Absorber - SVG).

(continuare din p. 294) ⇩

STATIC SYNCHRONOUS SERIES COMPENSATOR FROM SYSTEM POINT OF VIEW

COMPENSATORUL STATIC SINCRON SERIE ŞI SISTEMUL ELECTROENERGETIC

Prof. dr. R. MIHALIČ
Faculty of Electrical Engineering, Ljubljana, Slovenia

Articolul prezintă o explicare a caracteristicilor fundamentale ale compensatorului static sincron serie (CSSS) referitoare la controlul circulaţiei de putere activă. S-au efectuat comparaţii între eficacitatea compensatorului static sincron serie şi a compensării serie controlată (CSC). La început această comparaţie s-a făcut apelând la exemplul unui sistem longitudinal simplu şi prin deducţii analitice.

Consideraţiile teoretice au fost testate pe un sistem cu amortizare slabă. În scopul îmbunătăţirii amortizării, se impune apelarea la CSSS şi respectiv la CSC. Compararea eficienţei acestor compensări s-a efectuat pe baza simulărilor. Rezultatele au arătat că soluţiile ce asigură o aceeaşi amortizare diferă printr-un factor egal cu 13.

This paper presents an explanation of the basic SSSC features regarding power-flow control in the system. Comparisons have been made between SSSC and CSC power-flow-control effectiveness. First this comparison has been made on the example of a simple longitudinal system by applying analitical derivation.

Theoretical considerations have been tested on the poorly damped test system. In order to improve damping, SSSC and CSC respectively should be applied. Comparison of effectiveness has been made on the basis of simulations. The results have shown that the ratings that assure the same damping effect of various series compensation devices differ by factor 13.

Descriptori: controlul circulaţiei puterii active, compensare serie, FACTS, transport în curent alternativ

1. Introduction

The need for load-flow control has become evident. Several advanced schemes were proposed or developed for this purpose [1]. They are mostly based on power electronic elements. If load-flow in an electric power system is controlled by applying controllable voltage in series with the line, the flow redirection can be assumed to be a consequence of this voltage. The impact of the inserted voltage on the power-flow in the system is independent of **how** the voltage is created. It may be a consequence of the natural voltage drop caused by the line current across a controllable impedance element, or may be realised by use of a booster transformer and a power electronic converter with turn-off capable semiconductor devices (e.g. GTO-s). If a controllable injected series voltage is perpendicular to the line current it is the so called Controllable series compensation (Phase shifting transformers (PST) also inject voltage serially into the line, but the difference between injected-voltage-phase and line-current-phase is not fixed. The physical

1. Introducere

Necesitatea controlului circulaţiei de puteri a devenit evidentă. În acest scop au fost propuse unele scheme avansate [1]. În majoritatea lor, acestea se bazează pe elemente electronice. Dacă circulaţia de putere într-o reţea electrică este supravegheată prin aplicarea unor tensiuni controlate în serie cu liniie electrice, redirecţionarea circulaţiei poate fi presupusă a fi o consecinţă a acestor tensiuni. Impactul inserării tensiunilor asupra circulaţiei de puteri în sistem este independent de **modul** în care se creează acele tensiuni. Ele pot fi rezultatul unei căderi naturale de tensiune, cauzată de trecerea curentului din linie printr-un element de impedanţă controlabilă, sau se pot crea prin folosirea unui transformator booster şi a unui convertor electronic de putere cu dispozitive semiconductoare cu posibilităţi de stingere (de exemplu, elemente GTO). Dacă tensiunea serie inserată este defazată cu $\pi/2$ faţă de curentul de linie, se obţine ceea ce se numeşte compensare serie controlabilă

background of load-flow control using PST differs from that of controllable series compensation). In this paper controllable series compensation using controllable impedance elements is denoted as CSC and controllable series compensation using a power electronic converter as static synchronous series compensator i.e. SSSC (in the literature expression ACSC - Advanced Controlled Series Compensation - is also used).

In certain cases - when CSC is connected into electrically short lines, or when line current-flow is small - CSC efficiency regarding load-flow control might be limited. In such cases, it may be more efficient to obtain a voltage in series with the line from a voltage source, i.e. SSSC.

2. Static synchronous series compensator scheme and impact on transmission characteristic

The basic features regarding power-flow control with SSSC are explained on the simplified transmission system. It consists of two sources, which can be a representation of subsystems, and of a connection between these two subsystems. The SSSC is positioned inside this connection and is represented by a boosting transformer and a voltage source converter.

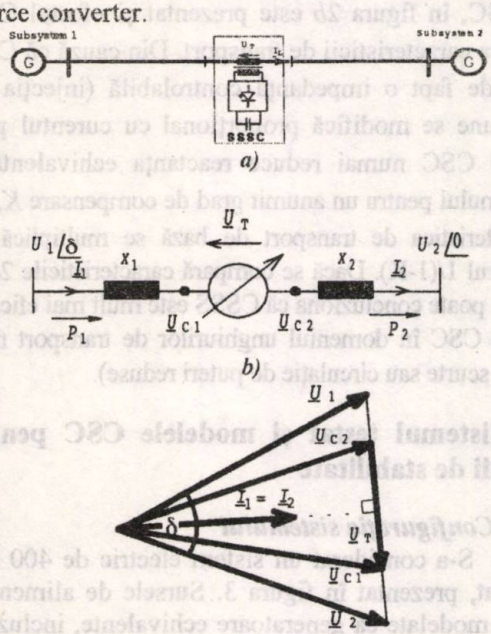


Fig. 1. a) Series compensation using SSSC; b) Fundamental frequency system representation; c) Phasor diagram ($U_1 = U_2$, $X_1 = X_2$).

a) Compensarea serie folosind CSSS; b) Reprezentarea sistemului pentru frecvenţa fundamentală; c) Diagrama fazorială ($U_1 = U_2$, $X_1 = X_2$).

(transformatoarele de rotire a fazei - TRF - recurg şi ele la inserarea în linie a unei tensiuni serie, dar diferenţa dintre faza tensiunii inserate şi faza curentului de linie nu este fixată. (Baza fizică a controlului circulaţiei de curenţi folosind TRF diferă de cea a compensării serie controlabile). În articolul de faţă se va folosi abrevierea CSC pentru a defini compensarea serie controlabilă ce face apel la elemente cu impedanţă controlabilă; un convertor electronic de putere folosit drept compensator serie se va denumi compensator serie static sincron, respectiv CSSS (în literatură se mai foloseşte denumirea de compensare serie controlabilă avansată CSCA).

În anumite cazuri - când CSC este înseriată pe linii scurte, sau când circulaţia de curenţi este redusă - eficienţa CSC la controlul curenţilor slabi se poate dovedi limitată. În astfel de cazuri se poate dovedi mai eficientă obţinerea tensiunii de inserat de la o sursă de tensiune, de exemplu CSSS.

2. Schema compensatorului static sincron serie şi efectul asupra caracteristicii de transport

Caracteristicile de bază referitoare la controlul circulaţiei de puteri cu ajutorul CSSS se pot explica folosind un sistem de transport redus. El constă din două surse, ce pot modela subsisteme şi dintr-o conexiune între cele două subsisteme. Pe această conexiune se plasează CSSS, reprezentat printr-un transformator booster şi un convertor de tensiune de alimentare. Tensiunea inserată U_T este un parametru controlabil şi în studiul de faţă se presupune că este independentă de curentul de linie. Detalii referitoare la structura CSSS nu fac obiectul articolului. Sistemul descris este cel prezentat în figura 1*a*.

Echivalentul pentru frecvenţa fundamentală este prezentat în figura 1*b*. Reactanţele subsistemelor şi cele ale liniei sunt elemente concentrate între sursele de tensiune şi CSSS, respectiv X_1 şi X_2. În figura 1*c* se prezintă diagrama fazorială corespunzătoare.

Relaţiile fundamentale dintre mărimile schemei echivalente pot fi descrise de următorul sistem de ecuaţii complexe:

$$\underline{U}_{C1} = \underline{U}_1 - \mathrm{j} X_1 \underline{I}_1 \quad (1)$$

$$\underline{U}_T = -\mathrm{j} \frac{\underline{I}_1}{|\underline{I}_1|} \underline{U}_T \quad (2)$$

$$\underline{U}_{C2} = \underline{U}_1 + \underline{U}_T \quad (3)$$

$$\underline{U}_2 = \underline{U}_{C1} - \mathrm{j} X_2 \underline{I}_2 \quad (4)$$

The injected voltage U_T is a controllable parameter, and is assumed in the study to be independent of line current. Details concerning SSSC structure are beyond the scope of this paper. The system described is presented in Fig. 1*a*.

The fundamental frequency equivalent is shown in Fig. 1*b*. The subsystem reactances and line reactances are lumped in reactances between voltage sources and SSSC i.e. X_1 and X_2. The corresponding vector diagram is shown in Fig. 1c.

The basic relations between quantities of the system representations can be described by the following system of complex equations:

$$\underline{U}_{C1} = \underline{U}_1 - j X_1 \underline{I}_1 \quad (1)$$

$$\underline{U}_T = -j \frac{\underline{I}_1}{|\underline{I}_1|} \underline{U}_T \quad (2)$$

$$\underline{U}_{C2} = \underline{U}_1 + \underline{U}_T \quad (3)$$

$$\underline{U}_2 = \underline{U}_{C1} - j X_2 \underline{I}_2 \quad (4)$$

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_2 \quad (5)$$

From this system it is possible to calculate the analytical expression for transmitted power as a real function of system parameters and the controllable SSSC parameter U_T, as follows.

$$P_1 = P_2 = \frac{U_1 U_2 \sin(\delta)}{X_1 + X_2} \left(1 - \frac{U_T}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 - 2U_1 U_2 \cos(\delta)}} \right) \quad (6)$$

From (6) it is evident, that in the case presented the SSSC location in the system have no impact on the transmission characteristic (P_1 and P_2 are independent on ratio between X_1 and X_2 as long as the sum of X_1 and X_2 is constant).

Let the maximum value of the system transmission characteristic (transmitted power vs. transmission angle d) without SSSC (U_T=0) be denoted as P_{max}. The impact of SSSC on the transmission characteristic can be then visualised as a function of the ratio P_1/P_{max} vs. transmission angle δ. This function is presented in Fig. 2*a*. In order to present the basic difference between SSSC and CSC, the CSC impact on transmission characteristic is also presented in Fig. 2*b*. Because CSC is in fact a controllable impedance (voltage injection changes in proportion to the line current) CSC only reduces equivalent system reactance for the compensation degree K, and the basic transmission characteristic is multiplied by factor 1/(1-K). If we compare characteristics 2*a* and 2*b* it can be concluded that SSSC is much more efficient

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_2 \quad (5)$$

Din acest sistem se poate deduce expresia analitică pentru puterea transmisă sub forma unei funcţii reale dependente de parametrii sistemului şi de parametrul controlabil al CSSS, U_T.

$$P_1 = P_2 = \frac{U_1 U_2 \sin(\delta)}{X_1 + X_2} \left(1 - \frac{U_T}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 - 2U_1 U_2 \cos(\delta)}} \right) \quad (6)$$

Din relaţia (6) este evident că în cazul analizat plasarea CSSS în sistem nu are nici un impact asupra caracteristicii de transport (P_1 şi P_2 sunt independente de raportul dintre X_1 şi X_2, atâta timp, cât suma dintre X_1 şi X_2 este constantă).

Vom nota cu P_{max} valoarea maximă a caracteristicii de transport (puterea transportată funcţie de unghiul de transport δ) în absenţa CSSS (U_T = 0). Efectul CSSS asupra caracteristicii de transport se poate acum considera ca fiind o funcţie de raportul P_1 / P_{max}, dependent de unghiul de transport δ. Această funcţie este reprezentată în figura 2*a*. Pentru a evidenţia diferenţa dintre CSSS şi CSC, în figura 2*b* este prezentat şi efectul CSC asupra caracteristicii de transport. Din cauză că CSC este de fapt o impedanţă controlabilă (injecţia de tensiune se modifică proporţional cu curentul prin linie) CSC numai reduce reactanţa echivalentă a sistemului pentru un anumit grad de compensare *K*, iar caracteristica de transport de bază se multiplică cu factorul 1/(1-K). Dacă se compară caracteristicile 2*a* şi 2*b* se poate concluziona că CSSS este mult mai eficient decât CSC în domeniul unghiurilor de transport mici (linii scurte sau circulaţie de puteri reduse).

3. Sistemul testat şi modelele CSC pentru studii de stabilitate

3.1. Configuraţia sistemului

S-a considerat un sistem electric de 400 kV, buclat, prezentat în figura 3. Sursele de alimentare sunt modelate ca generatoare echivalente, incluzând regulatoarele de tensiune şi de frecvenţă. Stabilizatoarele de putere ale sistemului SPS sunt şi ele incluse. Deoarece se presupune că generatoarele din schemă sunt echivalentele subsistemelor în care nu toate generatoarele sunt echipate cu SPS, câştigurile reglajelor SPS sunt corespunzător mai reduse decât ar fi normal pentru generatoarele

than CSC in the area of small transmission angles (short lines or low power-flow level).

3. Test system and controllable series compensation models for stability studies

3.1. System configuration

A meshed 400 kV three-area-system used in the study is presented in Fig. 3. Infeeds are modelled as equivalent generators including voltage and frequency controllers. The power system stabilisers (PSS) are also included. Because it is assumed that the generators here presented are equivalents of subsystems in which not all the generators are equipped with PSS, the PSS control gains are consequently lower than would be normal for particular generators. However PSS have only a minor impact on interarea power oscillation damping. Loads are presented as impedances. In order to provide acceptable voltage profile, shunt capacitors are connected in nodes C, D and G. Since the frequency of the studied phenomena (interarea power oscillation damping) is low, the lines are modelled as Π sections. Controllable series compensation is located in line 10 near the node G. Its location in line has practically no impact on power-flow control effectiveness.

SSSC is modelled as a controllable voltage source connected serially into the line. The magnitude of the injected voltage can be controlled between 0 and a defined maximal value, and can be positive (inductive operation mode) or negative (capacitive operation mode). The co-ordination module of the SSSC model adjusts the injected voltage phase so as to be perpendicular to the line current [2]. The CSC is modelled as a controllable impedance in series with the line.

The basic system data as well as load-flow data are presented in Fig. 3. As is shown, system "I" exports power to systems "II" and "III". The basic idea in the design of the presented test system is to fulfil the following requirements in various load-flow scenarios:

- the system remains in synchronous operation (is stable) if any line is tripped following a 120 ms three-phase fault,
- if only one of the lines 5 and 10 is in operation, the system should maintain stability and

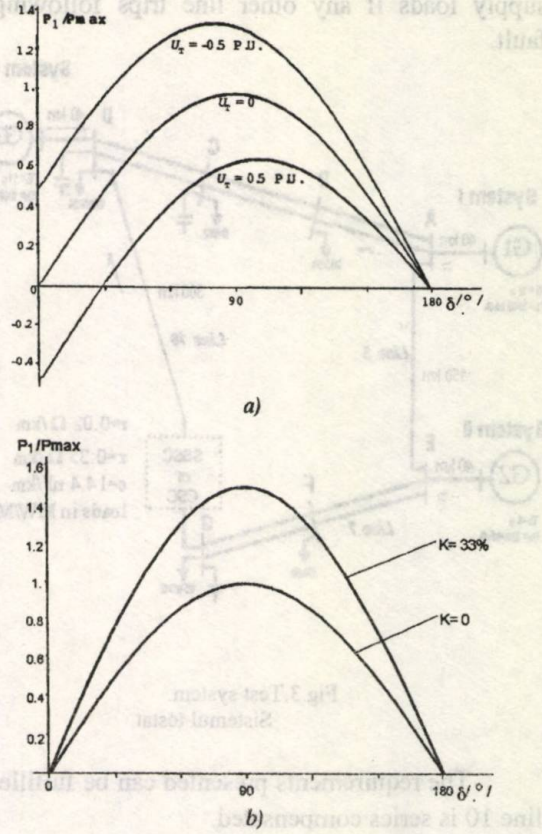


Fig. 2. a) SSSC impact on transmission characteristic;
b) CSC impact on transmission characteristic.

a) Efectul CSSS asupra caracteristicii de transport;
b) Efectul CSC asupra caracteristicii de transport.

individuale. Totuşi, SPS au numai un efect minor asupra amortizărilor oscilaţiilor interzonale. Consumatorii sunt modelaţi prin impedanţe. Pentru a asigura un profil acceptabil al tensiunilor, se conectează condensatoare în paralel cu nodurile C, D şi G. Deoarece frecvenţa fenomenelor studiate (amortizarea oscilaţiilor interzonale) este redusă, liniile sunt modelate prin cuadripoli *Π*. Compensarea serie controlabilă este plasată în linia 10, în vecinătatea nodului G. Localizarea acesteia pe linie este practic fără efect asupra eficienţei controlului circulaţiei de putere.

CSSS este modelat ca o sursă de tensiune reglabilă inserată în linie. Amplitudinea tensiunii inserate se poate controla între valoarea 0 şi o valoare maximă predefinită, şi poate fi pozitivă (funcţionare în regim inductiv) sau negativă (funcţionare în regim capacitiv). Modulul de coordonare a modelului CSSS ajustează tensiunea inserată în fază, astfel încât aceasta să fie perpendiculară pe fazorul curentului din linie [2].

supply loads if any other line trips following a fault.

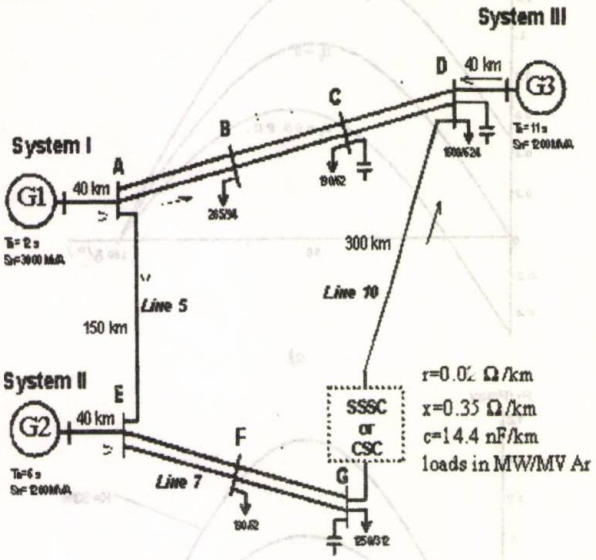


Fig.3.Test system.
Sistemul testat.

The requirements presented can be fulfilled if line 10 is series compensated.

Compensation of the line 10 is not necessary for the load-flow profile presented in Fig. 3, but in case of a changed load-flow profile compensation is required. In this changed system load-flow scenario it is assumed that line 5 is out of operation, the generation in node "E" is lower than presented in Fig. 3, and the consumers in "G" are supplied partly via the heavy loaded line 10. In this case, without series compensation in line 10, the system is unstable if a fault occurs e.g. in line 7 near the node E, and is followed by line 7 tripping (2. requirement is not fulfilled).

3.2. System dynamics behaviour

Simulations of system dynamics behaviour have been carried out in the stability mode of the NETOMAC program system. It has been assumed that a three-phase fault (120 ms duration) appears near the node "E" and is followed by line disconnection (one of the lines between E and F). As is shown in Fig. 4, the system is poorly damped. Damping almost does not change if line 10 is series compensated (fixed series compensation). This was

CSC este modelată ca o impedanţă reglabilă în serie cu linia.

Datele sistemului de bază, precum şi datele referitoare la circulaţia de puteri sunt prezentate în figura 3. După cum se vede, sistemul "I" exportă putere către sistemele "II" şi "III". Ideea de bază în alcătuirea sistemului testat este de a satisface următoarele condiţii în diverse scenarii de circulaţie de puteri:

- Sistemul rămâne în funcţionare sincronă (este stabil), dacă oricare din linii este declanşată după 120 ms de defect trifazat,
- Dacă numai una din liniile 5 şi 10 se află în funcţiune, sistemul îşi va menţine stabilitatea şi va alimenta consumatorii, în condiţia în care oricare altă linie este declanşată în urma unui defect.

Condiţiile prezentate pot fi îndeplinite dacă linia 10 este compensată serie.

Compensarea liniei 10 nu este necesară pentru a obţine profilul circulaţiei din figura 3, ci în cazul în care se solicită o compensare diferită a profilului circulaţiei de puteri. În acest scenariu modificat al circulaţiei de puteri în sistemul examinat se presupune că linia 5 nu este în funcţiune, injecţia de putere din nodul E este inferioară celei din figura 3, iar consumatorii din G sunt alimentaţi prin linia supraîncărcată 10. În aceste ipoteze, dacă nu se foloseşte compensarea serie pe linia 10, sistemul este instabil dacă apare un defect, de exemplu pe linia 7 lângă nodul E, urmat de declanşarea liniei 7 (a doua condiţie nu este satisfăcută).

3.2. Comportarea dinamică a sistemului

Simularea stabilităţii dinamice a sistemului s-a efectuat folosind programul NETOMAC. S-a presupus că defectul trifazat (de durată egală cu 120 ms) apare lângă nodul E şi este urmat de deconectarea liniei (una din liniile dintre E şi F). După cum se arată în figura 4, sistemul este slab amortizat. Dacă linia 10 este compensată serie (compensare serie fixă) amortizarea practic nu se modifică. Acest lucru era de anticipat, deoarece în acest scenariu circulaţia prin linia 10 este redusă.

anticipated, because power-flow through line 10 is low in the presented load-flow scenario.

In order to demonstrate the basic difference between CSC and SSSC impact on dynamic power-flow control in the system, damping should be improved by applying CSC and SSSC respectively. The appropriate system damping signal appeared to be the speed difference Dn between generators G1 and G2. Since the line 10 power-flow is relatively low, the damping signal cannot be derived from it because the impact of series compensation control action on line 10 power-flow dynamic is too strong.

The controllable series compensation control damping signal is proportional to the Dn signal. By applying appropriate control gain this damping control gives nearly bang-bang response at large Dn and follows the square function as swings are already greatly damped. No extra control action is needed to provide transition from bang-bang to proportional control mode. By applying also adaptive gain, this transition can be still further improved [3].

3.3. System damping applying CSC

In the study CSC is assumed to be an ideally controllable capacitance. Its reactance ranges from 0 to the maximum value.

In Fig. 5a and 5b the oscillograms of the significant quantities are presented for two cases i.e. :

- for CSC with control range between 0 and 40% compensation of the line 10, and
- for CSC with control range between 0 and 80% compensation of the line 10.

In the control strategy presented the CSC action starts from 0 compensation level. CSC effectiveness practically does not change if the pre-fault compensation level is higher (Fig. 5c). It is shown that although the CSC control range is extremely high, the impact on power damping is rather poor (note: line power-flows are low). This fact matches with the theoretical considerations presented in section 2.

3.4. System damping by applying SSSC

The aim of computation was to determine the SSSC controllable parameter U_T magnitude so as to achieve nearly the same system damping effect as

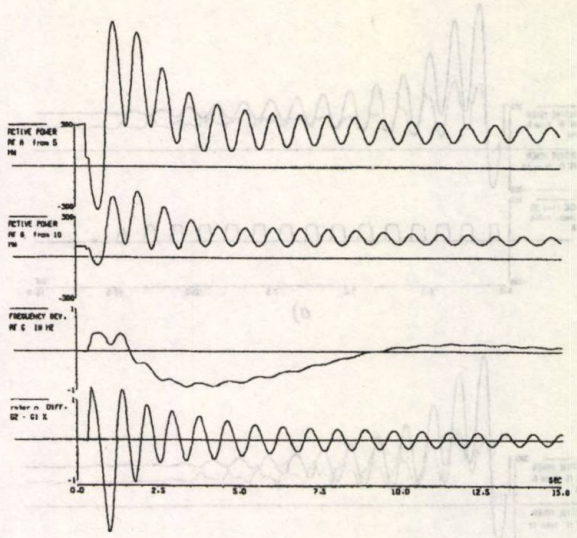
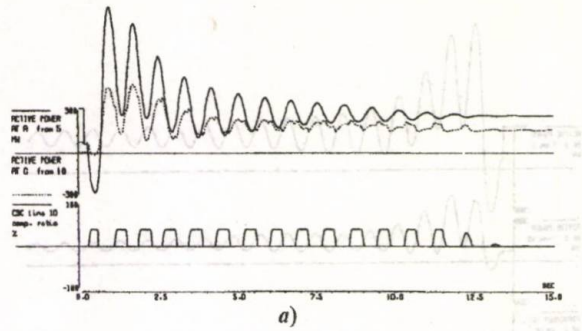


Fig.4. Significant oscillograms - fault near E followed with disconnection of the line 7
(Plotted quantities from top of the figure are: Line 5 and line 10 active powers, frequiency deviation at G and G1 and G2 rotor speed difference)

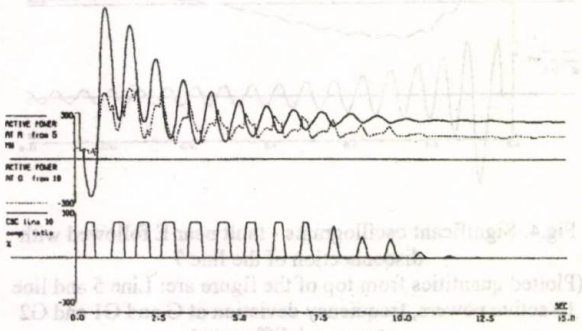
Oscilograme semnificative: defect lângă E urmat de deconectarea liniei 7
(De sus în jos, curbele reprezintă: puterile active pe liniile 5 şi 10, abaterile de frecvenţă în G şi diferenţa de turaţie pentru rotoarele generatoarelor G_1 şi G_2)

Pentru a evidenţia diferenţa esenţială dintre defectele CSC şi CSSS asupra controlului dinamic al circulaţiei de puteri în cadrul sistemului, amortizările se vor îmbunătăţi prin introducerea sistemului CSC, respectiv al CSSS. Semnalul corespunzător referitor la amortizarea sistemului pare a fi diferenţa de turaţie Δn dintre generatoarele G_1 şi G_2. Deoarece pe linia 10 circulaţia de putere este redusă, semnalul compensării nu se poate deduce din aceasta, deoarece efectul acţiunii de control al compensării serie asupra dinamicii circulaţiei de putere pe linia 10 este prea puternic.

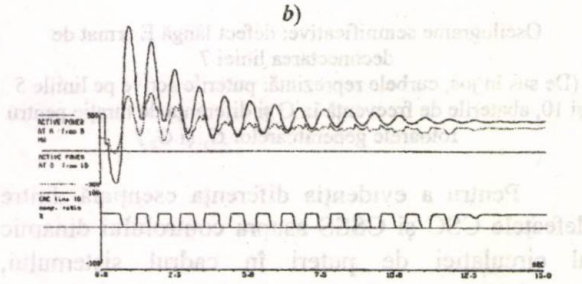
Semnalul de amortizare corespunzător controlului CSC este proporţional cu semnalul corespunzător Δn. Prin aplicarea unui câştig corespunzător acest control al amortizării conduce la un răspuns apropiat de răspunsul bang-bang la valori mari Δn şi urmează o funcţie pătratică, în timp ce oscilaţiile sunt deja puternic amortizate. Pentru a se asigura tranziţia de la regimul bang-bang la modul de control proporţional nu este necesară vreo altă acţiune de control. Prin aplicarea şi a câştigului adaptiv, această tranziţie poate fi în continuare îmbunătăţită [3].



a)



b)



c)

Fig. 5. Significant oscillograms - CSC damping. a) CSC control range between 0 and 40% line compensation - no pre fault compensation; b) CSC control range between 0 and 80% line compensation - no pre fault compensation ; c) CSC control range between 0 and 40% line compensation - pre-fault series compensation level 40%. (Plotted quantities - 1. axis: line 5 (solid) and line 10 (dotted) active powers, - 2. axis: CSC line compensation ratio in %)

Oscilograme semnificative pentru amortizarea cu CSC. a) Controlul CSC în domeniul compensării liniei de 0 şi 40 %, fără compensare înainte de defect; b) Controlul CSC în domeniul compensării liniei de 0 şi 80 %, fără compensare înainte de defect; c) Controlul CSC în domeniul compensării liniei de 0 şi 40 %, cu compensare de 40 % înainte de defect. (Curbele reprezintă, pe prima axă, puterile active pe linia 5, linie continuă şi pe linia 10,linie punctată, pe axa a doua, raportul de compensare CSC pentru linie, în %).

with the 40% and 80% CSC (c.f. sec. 3.3). As was anticipated from the facts described in sec. 2, the simulations showed that SSSC in the presented simulation is much more effective than CSC. The significant oscillograms are presented in Fig. 6. It is

3.3. Amortizarea sistemului cu ajutorul CSC

În acest studiu CSC este presupus a fi o capacitate controlabilă în mod ideal. Reactanţa sa variază de la 0 la o valoare maximă.

În figurile 5*a* şi 5*b* oscilogramele variabilelor semnificative sunt reprezentate pentru linia 10 în două cazuri, şi anume:

- pentru CSC cu domeniul de reglaj între 0 şi compensare 40% şi
- pentru CSC cu domeniul de reglaj între 0 şi compensare 80%.

În strategia de reglaj prezentată, acţiunea CSC porneşte de la nivelul de compensare 0. Eficienţa CSC practic nu se schimbă, dacă nivelul compensaţiei anterioare defectului este mai mare (fig. 5*c*). Se observă, de asemenea, că, deşi reglajul CSC este într-un domeniu deosebit de mare, efectul asupra amortizării puterii este de-a dreptul redus. (*Observaţie:* circulaţia de puteri este redusă). Aceste rezultate concordă cu cele teoretice prezentate la pct. 2.

3.4. Amortizarea sistemului prin folosirea CSSS

Scopul calculelor a fost de a determina valoarea parametrului controlabil U_T al CSSS, astfel încât să se obţină aproximativ acelaşi efect de amortizare a sistemului ca şi în cazul CSC cu compensare de 40% şi 80% (cf. pct. 3.3). Aşa cum s-a anticipat pe baza aspectelor prezentate în capitolul 2, simulările au evidenţiat faptul că CSSS studiat este mult mai eficient decât CSC. Oscilogramele semnificative sunt prezentate în figura 6. Este evident că injecţiile de tensiune de tip CSSS, de numai 0,025 u.r. şi 0,05 u.r., asigură practic o aceeaşi amortizare ca şi un sistem CSC cu compensare de 40% şi respectiv 80%. S-a luat drept referinţă (1 u.r.) tensiunea nominală pe fază ($380/\sqrt{3}$ kV).

În timp ce amortizarea cu ajutorul CSC este aproape imposibilă, CSSS oferă această posibilitate dacă nivelul tensiunii inserate este sporit. În figura 6*c* comportarea dinamică a sistemului este prezentată şi pentru cazul în care U_T atinge 0,1 u.r.

Dacă în plus faţă de CSSS linia este compensată (de exemplu 40 %) şi prin folosirea unei compensări serie fixe, amortizarea sistemului practic nu se modifică.

evident that SSSC voltage injections of only 0.025 P.U. and 0.05 P.U. provide practically the same damping effect as 40% CSC and 80% CSC respectively. As 1 P.U the nominal line to ground voltage ($380kV/\sqrt{3}$) is assumed.

While damping improvement using CSC is almost not possible, SSSC offers this possibility if the injected voltage level is enlarged. In Fig. 6*c* system dynamic behaviour is also presented for cases when U_T equals to 0.1 P.U.

If, additionally to SSSC, the line is compensated (let us say by 40%) by applying fixed series compensation, the system damping almost does not change.

Conclusions

The basic differences between "impedance based" controllable series compensation (CSC) and controllable compensation with power electronic converter (SSSC) have been demonstrated using a mathematical model. The differences concerning impact on the power transmission characteristic indicate that in the area of low transmission angles SSSC is much more efficient than CSC because the injected voltage does not depend on line current. Therefore in certain system configurations and/or load-flow scenarios, in which fast load-flow control is desired (e.g. for active contribution in the system dynamics), SSSC may have advantages compared to CSC. In estimating these advantages the differences in response time, costs and environmental impacts are not taken into consideration.

On the test system, which may be found in various countries, the differences between CSC and SSSC regarding power oscillation damping have been studied. In one of the possible load-flow scenarios the power-flow along the line with included controllable series compensation is relatively low. The results of the digital simulation have shown that the same damping effects are achieved with 40% CSC and SSSC injected voltage 0.025 P.U., or with 80% CSC and SSSC injected voltage 0.05 P.U. If it is assumed that the line 10 rating is 1300 MVA and that this power is CSC or SSSC nominal throughout power, then the ratings presented in table 1 can be calculated:

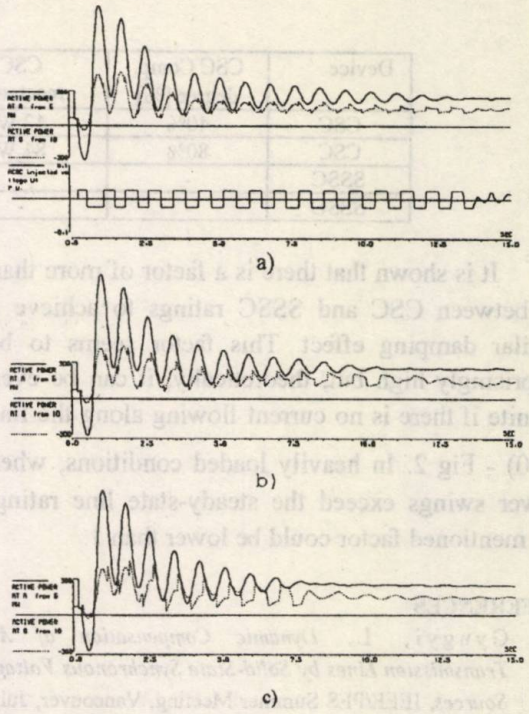


Fig. 6. Significant oscillograms - SSSC damping.
a) U_T control range between -0.025 P.U. and +0.025 P.U;
b) U_T control range between -0.05 P.U. and +0.05 P.U;
c) U_T control range between -0.1 P.U. and +0.1 P.U.
(Plotted quantities: line 5 (solid) and line 10 (dotted) active powers, and SSSC injected voltage U_T in P.U. - only "a)")

Oscilograme semnificative pentru amortizări în cazul folosirii CSSS.
a) Domeniul de control al U_T între -0,025 u.r. şi +0,025 u.r.
b) Domeniul de control al U_T între -0,05 u.r. şi +0,05 u.r.
c) Domeniul de control al U_T între -0,1 u.r. şi +0,1 u.r.

Concluzii

Diferenţele esenţiale între CSC "bazată pe impedanţă" şi compensarea controlabilă cu ajutorul unui convertor electronic de putere (CSSS) au fost puse în evidenţă folosind un model matematic. Diferenţele referitoare la efectul asupra caracteristicii de transport al puterii indică faptul că în domeniul unghiurilor de transport deduse CSSS este mult mai eficient decât CSC, din cauză că tensiunile inserate nu depind de curentul prin linie. De aceea, pentru anumite configuraţii ale sistemului şi/sau pentru anumite scenarii de circulaţie a puterilor, pentru care se doreşte un control al circulaţiei (de exemplu, pentru contribuţia activă asupra dinamicii sistemului), CSSS poate fi avantajos faţă de CSC. În estimarea acestor avantaje diferenţele de timp de răspuns, costuri sau efecte asupra mediului nu sunt luate în considerare.

În sistemul testat, ce se poate întâlni în unele ţări, au fost studiate diferenţele între CSC şi CSSS

Tabelul 1

Device	CSC Comp. degree [%]	CSC reactance	U_T [PU]	U_T [kV]	Rating [MVA]
CSC	40%	42 W	-	-	148
CSC	80%	84 W	-	-	196
SSSC	-	-	0.025	5.77	11
SSSC	-	-	0.05	11.55	22

It is shown that there is a factor of more than 13 between CSC and SSSC ratings to achieve a similar damping effect. This factor seems to be surprisingly high but, theoretically, it can be even infinite if there is no current flowing along the line (δ=0) - Fig 2. In heavily loaded conditions, when power swings exceed the steady-state line rating, the mentioned factor could be lower than 1.

REFERENCES

[1] Gyugyi, L. *Dynamic Compensation of AC Transmission Lines by Solid-State Synchronous Voltage Sources,* IEEE/PES Summer Meeting, Vancouver, July, 1993;

[2] Povh,D.,Mihalič, R. *Simulation of Power Electronic Equipment,* EPRI Workshop Baltimore, Oct. 7.-9., 1994;

[3] Povh,D., Mihalič, R. *Enhancement of Transient Stability on AC Transmission by Means of Controlled Series and Parallel Compensation,* Fifth International IEE Conference on AC and DC Power Transmission, London, september 1991

referitor la amortizarea oscilaţiilor de putere. În unul dintre scenariile posibile circulaţia de putere de-a lungul liniei ce conţine compensare serie controlabilă este relativ scăzută. Rezultatele simulării numerice au evidenţiat faptul că aceleaşi efecte de amortizare se obţin cu sisteme 80% CSC şi CSSS cu tensiuni inserate de 0,05 u.r. Dacă se presupune că linia 10 este încărcată cu 1300 MVA şi că această putere este puterea de tranzit nominal pentru CSC şi CSSS, atunci se pot obţine prin calcul circulaţiile prezentate în tabelul 1.

Se constată că există un factor mai mare decât 13 între încărcarea corespunzătoare CSC şi cea corespunzătoare CSSS, pentru care se obţin efecte similare asupra amortizării. Acest factor pare a fi surprinzător de mare, dar - teoretic - el poate fi chiar infinit, dacă nu există circulaţie de curent pe linie (δ = 0), conform figurii 2. În condiţii de încărcare puternică, când oscilaţiile de putere depăşesc încărcarea de regim permanent a liniei, factorul menţionat poate fi şi subunitar.

Referent şi traducere: conf. dr. ing. Sorin Hurdubeţiu - Facultatea de Energetică, Universitatea "POLITEHNICA", Bucureşti

(Primit la 20 ianuarie 1997, acceptat la 14 aprilie 1997)

CRITERII PENTRU COMPENSAREA PUTERII REACTIVE ÎN REȚELELE CU SARCINI DEZECHILIBRATE

prof. dr. ing. ADRIAN BUTA, as. ing. ADRIAN PANĂ *

Lucrarea prezintă câteva criterii de compensare a puterii reactive în rețelele de distribuție cu sarcini dezechilibrate. Aceste criterii folosesc componentele simetrice și permit îmbunătățirea factorului de putere în nodurile de consum și compensarea componentei inverse sau(și) a celei homopolare a curenților din rețea . Aplicarea lor este posibilă folosind surse statice de putere reactivă controlate pe fiecare fază cu microprocesoare.

Relațiile stabilite pentru compensare sunt foarte comode pentru controlul în timp real, măsurând tensiunile de fază și curenții.

The paper presents some reactive power compensation methods for unbalanced three phase distribution networks . These methods use symmetrical components that allow to improve the load bus power factor and eliminate negative sequence or (and) zero sequence networks current . The application of these methods is made by using static reactive power compensators independently controlled whit microprocessors on each phase . The compensation formulas are very suitable for on-line control by measuring phase voltage and currents in the real time .

Descriptori: rețele electrice de distribuție , compensare , echilibrarea sarcinii , FACTS

1. Considerații generale

Sunt cunoscute efectele negative pentru rețea a regimurilor perturbate de funcționare, provocate de prezența receptoarelor dezechilibrate [1, 2]. Aceste efecte se referă, în principal, la pierderi suplimentare datorate circulațiilor componentelor inverse și homopolare ale curenților și la alterarea calității energiei electrice distribuite altor consumatori (la afectarea simetriei tensiunilor ce alimentează alte receptoare). Majorarea pierderilor de putere se datorează nu numai circulației curenților de secvență inversă și homopolară, dar și componentei reactive a curentului de secvență directă. În aceste condiții, este firesc ca problema compensării puterii reactive și a echilibării sarcinii să fie abordate împreună [3, 4, 5]. Soluția problemei propuse poate fi implementată, practic, cu ajutorul unor surse statice de putere reactivă - SVC, controlate distinct pe fiecare fază cu controlere programabile de mare viteză [6] sau cu microprocesoare performante [7].

În cele ce urmează se prezintă câteva criterii de stabilire a puterilor reactive de compensare la bornele unor receptoare dezechilibrate, folosind componentele de secvență. Aceste criterii au fost sugerate de modul de definire a factorului de putere pentru receptoarele dezechilibrate [3] și de metodele de compensare prezentate în [4, 5].

2. Criterii de compensare

Se consideră rețeaua cu patru conductoare din figura 1, ce alimentează un consumator dezechilibrat, dar linear. Curenții absorbiți de acesta pe cele trei faze sunt $\underline{I}_R$, $\underline{I}_S$, $\underline{I}_T$ la tensiunile de fază $\underline{U}_R$, $\underline{U}_S$, $\underline{U}_T$. Pentru simplificare și în concordanță cu scopul urmărit, adică echilibrarea sarcinii, acestea se consideră simetrice:

$U_R = U_S = U_T$ (1) și $\underline{U}_S = a^2\underline{U}_R$, $\underline{U}_T = a\underline{U}_R$ (2)

Tot pentru simplificare se consideră aceeași rezistență și pentru conductorul neutru, r.

La bornele receptorului este dispusă o instalație de compensare alcătuită din baterii de condensatoare legate în stea (SVC Y), care absorb curenții capacitivi $\underline{I}_R^c$, $\underline{I}_S^c$, $\underline{I}_T^c$,

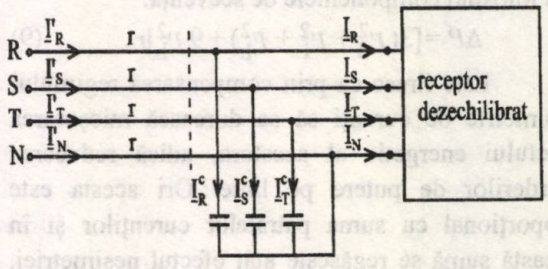


Fig.1. Rețea electrică cu patru conductoare și compensator static de putere reactivă SVCY.

* Facultatea de Electrotehnică - Universitatea Tehnică Timișoara

Curenţii absorbiţi de la reţea pe cele trei faze sunt:

$$\underline{I}'_R = \underline{I}_R + \underline{I}^c_R;\ \underline{I}'_S = \underline{I}_S + \underline{I}^c_S;\ \underline{I}'_T = \underline{I}_T + \underline{I}^c_T; \quad (3)$$

$$\underline{I}'_N = \underline{I}'_R + \underline{I}'_S + \underline{I}'_T. \quad (4)$$

unde:

$$\underline{I}_R = I_{Ra} - jI_{Rr};\ \underline{I}_S = a^2(I_{Sa} - jI_{Sr})$$

$$\underline{I}_T = a(I_{Ta} - jI_{Tr}), \quad (5)$$

$$\underline{I}^c_R = jI^c_R;\ \underline{I}^c_S = ja^2 I^c_S;\ \underline{I}^c_T = jaI^c_T, \quad (6)$$

în care:

I_{Ra}, I_{Sa}, I_{Ta} sunt componentele active ale curenţilor $\underline{I}_R, \underline{I}_S, \underline{I}_T$;

I_{Rr}, I_{Sr}, I_{Tr} - componentele reactive ale curenţilor.

a - operatorul complex $a = e^{j2\pi/3}$.

Pentru fiecare din categoriile curenţilor de fază (sarcină, compensare) se pot calcula componentele de secvenţă cu relaţiile cunoscute:

$$[\underline{I}_S] = [\underline{T}] \cdot [\underline{I}_f], \quad (7)$$

unde:

$[\underline{I}_S]$ este matricea curenţilor de secvenţă, $[\underline{I}_h, \underline{I}_d, \underline{I}_i]$;

$[\underline{I}_f]$ - matricea curenţilor de fază, $[\underline{I}_R, \underline{I}_S, \underline{I}_T]_t$;

[T] - matricea de transformare, $[T] = \frac{1}{3}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix}$.

Astfel, pentru SVC Y se pot scrie:

$$\underline{I}^c_d = j\frac{I^c_R + I^c_S + I^c_T}{3}\quad \underline{I}^c_i = \frac{-I^c_S + I^c_T}{2\sqrt{3}} + j\left(\frac{I^c_R}{3} - \frac{I^c_S + I^c_T}{6}\right).$$

$$\cdot \underline{I}^c_h = \frac{I^c_S - I^c_T}{2\sqrt{3}} + j\left(\frac{I^c_R}{3} - \frac{I^c_S + I^c_T}{6}\right)$$

a) Criteriul sumei pătratice minime a curenţilor

Pierderile totale în reţeaua de alimentare pot fi exprimate ca fiind:

$$\Delta P = (I'^2_R + I'^2_S + I'^2_T + I'^2_N) \cdot r \quad (8)$$

sau folosind componentele de secvenţă:

$$\Delta P = [3(I'^2_d + I'^2_i + I'^2_h) + 9I'^2_h]r. \quad (9)$$

Este firesc ca prin compensarea regimului nesimetric de curenţi să se dorească micşorarea efectului energetic al acestora, adică reducerea pierderilor de putere pe linie. Ori acesta este proporţional cu suma pătratelor curenţilor şi în această sumă se regăseşte atât efectul nesimetriei, cât şi cel al sarcinii reactive [3, 8].

Exprimând pierderile de putere ΔP în funcţie de curenţii care circulă pe conductoarele liniei sau de cei de secvenţă ai sarcinii şi ai sursei de compensare şi efectuând apoi derivatele parţiale în raport cu curenţii capacitivi I^c_R, I^c_S, I^c_T şi anulându-le, se obţine sistemul:

$$\begin{bmatrix} 4 & -1 & -1 \\ -1 & 4 & -1 \\ -1 & -1 & 4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I^c_R \\ I^c_S \\ I^c_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix}, \quad (10)$$

ale cărui soluţii sunt:

$$I^c_R = \frac{3A+B+C}{10};\ I^c_S = \frac{A+3B+C}{10};\ I^c_T\ \frac{A+B+3C}{10} \quad (11)$$

unde:

$$A = \sqrt{3}(I_{Sa} - I_{Ta}) + 4I_{Rr} - I_{Sr} - I_{Tr};$$

$$B = \sqrt{3}(-I_{Sa} + I_{Ta}) - I_{Rr} + 4I_{Sr} - I_{Tr}; \quad (12)$$

$$C = \sqrt{3}(I_{Ra} - I_{Sa}) - I_{Rr} - I_{Sr} + 4I_{Tr}$$

Soluţia conduce, de fapt, la anularea componentei reactive a curentului de secvenţă directă din reţea ca urmare a compensării: $\mathrm{Imag}(\underline{I}'_d) = 0$

b) Criteriul minimizării curentului de pe conductorul neutru şi al compensării puterii reactive pe secvenţa directă

Pe conductorul neutru circulă un curent $I_N = 3\,I\,h$, adică de trei ori curentul homopolar. Prezenţa acestui curent provoacă neajunsuri sensibile, atât în ceea ce priveşte majorarea pierderilor (întrucât de obicei rezistenţa conductorului neutru este mai mare decât a celor de fază), cât şi în funcţionarea corectă a unor aparate de măsură şi protecţie. Reducerea curentului homopolar poate fi asociată cu accea a componentei reactive a curentului de secvenţă directă.

În aceste condiţii se pot scrie relaţiile:

$$\mathrm{Real}\,(\underline{I}'_h) = 0,\ \mathrm{Imag}\,(\underline{I}'_h) = 0,\ \mathrm{Imag}\,(\underline{I}'_d) = 0, \quad (13)$$

care permit obţinerea sistemului de ecuaţii:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \\ 2 & -1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I^c_R \\ I^c_S \\ I^c_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \\ D_1 \\ E_1 \end{bmatrix} \quad (14)$$

Soluţiile sistemului sunt:

$$I_R^C = \frac{A_1 + E_1}{3}; \quad I_S^C = \frac{2A_1 + 3D_1 - E_1}{6}; \quad I_T^C = \frac{2A_1 - 3D_1 - E_1}{6}, \tag{15}$$

unde:

$$A_1 = I_{Rr} + I_{Sr} + I_{Tr} = -3\text{Imag}(I_d^S);$$

$$D_1 = \frac{1}{\sqrt{3}}(-2I_{Ra} + I_{Sa} + I_{Ta}) + I_{Sr} - I_{Tr} = -2\sqrt{3}\,\text{Real}(I_h^S)$$

$$E_1 = \sqrt{3}(I_{Sa} - I_{Ta}) + 2I_{Rr} - I_{Sr} - I_{Tr} = -6 \cdot \text{Imag}(I_h^S) \tag{16}$$

I_d^S şi I_h^S fiind componentele de secvenţă directă şi homopolară ale curentului de sarcină.

c) ***Criteriul reducerii curentului de secvenţă inversă şi al compensării componentei reactive a curentului de secvenţă directă***

Prezenţa unor componente de secvenţă inversă în tensiunea de alimentare a unor receptoare de tip motoare asincrone poate provoca neajunsuri datorate apariţiei unor cupluri parazite ce micşorează cuplul motor al maşinii.

În aceste condiţii este de dorit să atenueze componenta de secvenţă inversă. Dacă la acestea se adaugă şi condiţia de compensare a puterii reactive pe secvenţa directă, se pot scrie relaţiile:

$$\text{Real}(I_i') = 0, \text{Imag}(I_i') = 0, \text{Imag}(I_d') = 0, \tag{17}$$

care permit obţinerea sistemului de ecuaţii:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 1 \\ 2 & -1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_R^c \\ I_S^c \\ I_T^c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \\ B_1 \\ C_1 \end{bmatrix}, \tag{18}$$

ale cărui soluţii sunt:

$$I_R^c = \frac{A_1 + C_1}{3}; \quad I_S^c = \frac{2A_1 - 3B_1 - C_1}{6}; \quad I_T^c = \frac{2A_1 + 3B_1 - C_1}{6}, \tag{19}$$

în care :

$$B_1 = \frac{1}{\sqrt{3}}(-2I_{Ra} + I_{Sa} + I_{Ta}) - I_{Sr} + I_{Tr} = -2\sqrt{3}\,\text{Real}(I_i^S)$$

$$C_1 = -\sqrt{3}(I_{Sa} - I_{Ta}) + 2I_{Rr} - I_{Sr} - I_{Tr} = -6 \cdot \text{Imag}(I_i^S) \tag{20}$$

I_i^S - componenta de secvenţă inversă a curentului de sarcină.

d) ***Criteriul reducerii curenţilor de secvenţă inversă şi homopolară şi al compensării componentei reactive a curentului de secvenţă directă***

În condiţiile adoptate în cadrul acestei lucrări, factorul de putere poate fi definit ca fiind [3]:

$$k_p = k_{pn} \cdot \cos\varphi_d = \frac{1}{\sqrt{1 + k_{ni} + k_{nh}}} \cdot \cos\varphi_d, \tag{21}$$

unde k_{pn}, k_{ni} şi k_{nh} sunt factorii de neisimetrie, de disimetrie şi de asimetrie ai puterii. Îmbunătăţirea factorului de putere global impune atât echilibrarea receptorului, cât şi compensarea puterii reactive pe secvenţa directă. Aceasta presupune îndeplinirea următoarelor condiţii pentru componentele de secvenţă ale curenţilor care circulă pe conductoarele liniei:

$$\text{Imag}(I_d) = 0; \text{Real}(I_i) = 0; \text{Imag}(I_i) = 0$$
$$\text{Real}(I_h') = 0; \text{Imag}(I_h') = 0 \tag{22}$$

Numărul condiţiilor impuse fiind mai mare (şase) decât cel al posibilităţilor de compensare (trei curenţi capacitivi) este necesar să se introducă încă o sursă de putere reactivă. Pentru anumite facilităţi se preferă una ale cărei elemente sunt legate în conexiune triunghi (SVCΔ) (fig.2) [4].

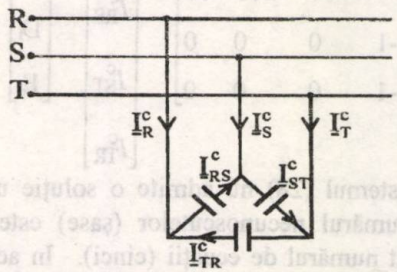


Fig.2. Sursă statică de putere reactivă în conexiune triunghi - SVCΔ.

Pentru curenţii capacitivi absorbiţi de la reţea de această sursă se pot scrie relaţiile:

$$\underline{I}_R^c = \underline{I}_{RS}^c - \underline{I}_{TR}^c; \quad \underline{I}_S^c = \underline{I}_{ST}^c - \underline{I}_{RS}^c; \quad \underline{I}_S^c = \underline{I}_{TR}^c - \underline{I}_{ST}^c, \tag{23}$$

unde:

$$\underline{I}_{RS}^c = j\omega C_{RS}(\underline{U}_R - \underline{U}_S);$$
$$\underline{I}_{ST}^c = j\omega C_{ST}(\underline{U}_S - \underline{U}_T); \tag{24}$$
$$\underline{I}_{TR}^c = j\omega C_{TR}(\underline{U}_T - \underline{U}_R),$$

iar $\omega = 2\pi f$ este pulsaţia curenţilor.

În ceea ce priveşte componentele de secvenţă ale acestor curenţi se pot scrie expresiile:

$$\underline{I}^{c}_{d\Delta} = \frac{j}{\sqrt{3}}(I^{c}_{RS} + I^{c}_{ST} + I^{c}_{TR})$$

$$\underline{I}^{c}_{i\Delta} = \frac{1}{2}(-I^{c}_{RS} + I^{c}_{TR}) + j\frac{1}{2\sqrt{3}}(-2I^{c}_{ST} + I^{c}_{RS} + I^{c}_{TR})$$

$$\underline{I}^{c}_{h\Delta} = 0 \qquad (25)$$

Aceste expresii incluse în condiţiile (22) duc la sistemul:

$$\begin{aligned} &\text{Imag}[\underline{I}'_{d}(\overline{C})] = 0 \\ &\text{Real}[\underline{I}'_{i}(\overline{C})] = 0 \\ &\text{Imag}[\underline{I}'_{i}(\overline{C})] = 0 \\ &\text{Real}[\underline{I}'_{h}(\overline{C})] = 0 \\ &\text{Imag}[\underline{I}'_{h}(\overline{C})] = 0 \end{aligned} \qquad (26)$$

unde: $\overline{C}$ este vectorul definit de relaţia:

$$\overline{C} = (I^{c}_{R},\ I^{c}_{S},\ I^{c}_{T},\ I^{c}_{RS},\ I^{c}_{ST},\ I^{c}_{TR}) \qquad (27)$$

sau explicit:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \sqrt{3} & \sqrt{3} & \sqrt{3} \\ 0 & -1 & 1 & -\sqrt{3} & 0 & \sqrt{3} \\ 2 & -1 & -1 & \sqrt{3} & -2\sqrt{3} & \sqrt{3} \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I^{c}_{R} \\ I^{c}_{S} \\ I^{c}_{T} \\ I^{c}_{RS} \\ I^{c}_{ST} \\ I^{c}_{TR} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \\ B_1 \\ C_1 \\ D_1 \\ E_1 \end{bmatrix} \qquad (28)$$

Sistemul (28) nu admite o soluţie unică, întrucât numărul necunoscutelor (şase) este mai mare decât numărul de ecuaţii (cinci). In această situaţie se impune o condiţie suplimentară, care să asigure încă o relaţie între necunoscutele problemei. Comodă ar fi o relaţie care să nu mai modifice valoarea componentei de secvenţă directă stabilită cu criteriul b), criteriu ce presupune utilizarea unei singure surse de compensare (aceea cu elementele în stea). Astfel, se poate impune ca suma algebrică a celor trei curenţi reactivi pe laturile instalaţiei de compensare în triunghi să fie nulă [4], adică:

$$I^{c}_{RS} + I^{c}_{ST} + I^{c}_{TR} = 0. \qquad (29)$$

Curenţii vor fi consideraţi cu semnul plus dacă sunt capacitivi şi minus dacă sunt inductivi.

În aceste condiţii sistemul (28) are soluţia unică următoare:

$$I^{c}_{R} = \frac{A_1 + E_1}{3},\quad I^{c}_{S} = \frac{2A_1 - 3D_1 - E_1}{6},$$

$$I^{c}_{T} = \frac{2A_1 + 3D_1 - E_1}{6},$$

$$I^{c}_{RS} = \frac{-3B_1 + C_1 - 3D_1 - E_1}{6\sqrt{3}},\quad I^{c}_{ST} = \frac{-C_1 + E_1}{3\sqrt{3}};$$

$$I^{c}_{TR} = \frac{3B_1 + C_1 + 3D_1 - E_1}{6\sqrt{3}}.$$

Alte posibilităti de soluţionare ale sistemului (28) pot avea în vedere minimizarea pierderilor, adică ($\sum I_C^2 = \min$) sau a puterilor capacitive instalate în bateriile de condensatoare ($\sum \left(I_C U\right)^2 = \min$, U fiind tensiunea corespunzătoare, de fază pentru I^{C}_{Y} şi de linie pentru I^{C}_{D}). În acest caz unul din curenţii capacitivi (de exemplu I^{C}_{R}) este trecut în membrul drept, iar ceilalţi curenţi sunt explicitaţi în funcţie de acesta. Din condiţiile impuse rezultă expresiile pentru pierderile de putere sau pentru puterea capacitivă instalată, care derivate în raport cu I^{C}_{R} duc la valoarea optimă a acestuia. În continuare se pot determina şi ceilalţi curenţi de compensare.

Aplicaţie

Pentru verificarea criteriilor prezentate anterior se consideră o linie electrică de joasă tensiune cu patru conductoare, având tensiunea nominală U_n=0,4 kV, curenţii absorbiţi pe cele trei faze I_{Ra}=100 A, I_{Sa} = 85 A, I_{Ta} = 70 A, I_{Rr}=62 A, I_{Sr} = 63,7 A, I_{Tr} = 61,7 A; secţiunea conductoarelor S = 150 mm², iar r = 0,05 Ω. Pentru fiecare din criteriile prezentate se vor calcula: curenţii capacitivi (sau inductivi) absorbiţi de instalaţia de compensare, componentele de secvenţă directă, inversă şi homopolară a curenţilor care circulă pe conductoarele liniei, factorul de disimetrie, asimetrie, factorul global de nesimetrie, pierderile de putere pe linie (tabelul 1) şi puterea capacitivă instalată în compensare.

Făcând o analiză a rezultatelor obţinute se constată următoarele:

- criteriul pierderilor minime nu conduce, de fapt, la pierderile minime, deşi pierderile de putere se reduc sensibil faţă de situaţia iniţială (cu circa 35%) şi aceasta din cauza faptului că nu este compensat regimul dezechilibrat în curenţii ce străbat conductoarele reţelei . Astfel, coeficientul de disimetrie aproape că s-a dublat, determinând scăderea factorului de putere de nesimetrie cu circa 0.74 %;
- criteriile b) şi c), deşi reduc pierderile de putere suficient de mult (circa 34,4 % , 26,6 %), în principal prin compensarea componentei reactive a curentului de secvenţă directă, a curentului de secvenţă inversă şi respectiv homopolară, accentuează nesimetria faţă de situaţia iniţială, întrucât măresc componenta de secvenţă homopolară şi respectiv inversă şi o reduc pe aceea de secvenţă directă (cu

circa 5,5 %). Deşi s-ar părea că cele două criterii sunt oarecum echivalente este evident că criteriul b) este mai avantajos, întrucât anulează curentul homopolar, iar rezistenţa conductorului neutru este de obicei mai mare decât aceea a conductoarelor de fază;

estimat şi mânuit în condiţiile actualelor tehnici informatice, integrate în instalaţii de compensare dotate cu dispozitive de control perfecţionate de tip FACTS.

Tabelul 1

Rezultatele obţinute în cadrul aplicaţiei

Mărime	Fără compensare	Criteriu de compensare			
		a)	b)	c)	d)
I_R^C [A]	-	67,19	70,66	53,34	70,66
I_S^C [A]	-	53,3	46,38	81,02	46,38
I_T^C [A]	-	66,89	70,36	53,04	70,36
I_{RS}^C [A]	-	-	-	-	10
I_{ST}^C [A]	-	-	-	-	10
I_{TR}^C [A]	-	-	-	-	-20
$I_{d'}$ [A]	105,485	85	85	85	85
$I_{i'}$ [A]	9,277	13,85	17,32	0	0
$I_{h'}$ [A]	8,044	3,46	0	17,32	0
$k_{ni} = I'_i/I'_d$	0,088	0,163	0,2037	0	0
$k_{nh} = I'h / I'd$	0,076	0,04	0	0,2037	0
$1/\sqrt{1+k_{ni}^2+k_{nh}^2}$	0,9933	0,986	0,9799	0,9799	1
$\sum(I^2 \cdot r)$ [W]	1720,8	1119,75	1128,75	1263,75	1083,75
$\sum(I^c \cdot U)$ [kvar]	-	41,228	41,228	41,228	48,83
$\sum(I^L \cdot U)$ [kvar]	-	-	-	-	7,62

- criteriul d) este evident cel mai avantajos, reduce sensibil pierderile de putere (circa 37,03 %) şi asigură simetrizarea completă a regimului; în plus puterea suplimentară ce trebuie instalată în bateriile de condensatoare folosite pentru compensatorul cu laturile legate în triunghi este mică (circa 18,43 %). În schimb, reclamă instalarea unei puteri reactive inductive în instalaţia de compensare de circa 7,62 kvar.

Concluzii

Lucrarea şi-a propus să scoată în evidenţă necesitatea abordării simultane a problemelor de compensare a puterii reactive şi de echilibrare a regimului de funcţionare a reţelelor cu patru conductoare (de joasă tensiune). Sunt prezentate şi analizate mai multe criterii de compensare a puterii reactive cu echilibrarea parţială sau integrală a regimului dezechilibrat. Aceste criterii folosesc în principal componentele de secvenţă uşor de

În încheierea acestei lucrări se prezintă schema bloc a sistemului ce foloseşte criteriul b) pentru compensarea puterii reactive în reţelele electrice cu sarcini dezechilibrate (fig.3).

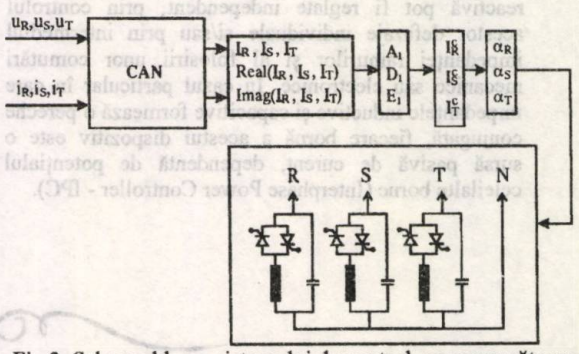


Fig.3. Schema bloc a sistemului de control, corespunzătoare criteriului b).

BIBLIOGRAFIE

[1] Ionescu, T. G., Coculescu, S., Neagoe, M., Pavel, E. *Regimul nesimetric generator de consumuri proprii tehnologice suplimentare în reţelele electrice.* In: Energetica, vol.36, sept.1988, pp.404-412,

[2] Ionescu, T. G *Consideraţii privind normarea limitelor regimului dezechilibrat în sistemele electroenergetice.* In: Energetica, vol.38, ianuarie, 1990, pp 27-33.

[3] Ţugulea, A. *Consideraţii referitoare la definirea factorului de putere pentru sistemele trifazate dezechilibrate.* In: Energetica, vol.34, Nr.4, 1986, pp.164-167.

[4] Lee, San Y., Wu, Chi Y. *On-line reactive power compensation schemes for unbalanced three phase four wire distribution feeders.* In: IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.8, No.4, 1993, pp 1958-1965,

[5] Gueth, G., Enstedt, P., Rey, A., Menis, R.W. *Individual phase control of a static compensator for load compensation and voltage balancing and regulation.* In: IEEE Trans. on Power Systems, Vol.2, 1987, pp 898-904.

[6] Berghronz, Y., Cox, M.D. *Optimal shunt compensation for unbalanced linear loads with nonsinusoidal supply voltage.* In: Electric Machines and Power Systems, Vol.19, 1991, pp. 171-183.

[7] Vasu, E., Rao, V.V., Sankaran, P. *An optimisation criterion for three phase reactive power compensation.* In: IEEE Trans. on Power App. and Systems, Vol 104, 1985, pp. 3216-3220.

[8] Buta, A. *L'alimentation symétrique des consumateurs une solution du problème d'optimisation.* In: Buletinul Ştiinţific şi Tehnic al I.P."Traian Vuia" Timişoara, 1984, Tom 29(43) pp 65-66.

Referent: dr. ing. Marius Pomârleanu - GSCI - Centrul de Cercetare

(Primit la 7 februarie 1997, acceptat la 17 aprilie 1997)

⇩ (continuare din p. 279)

Generator static sincron - Convertor static de putere, cu autocomutaţie, alimentat dintr-o sursă corespunzătoare de energie electrică, comandat pentru a produce la ieşire un set de tensiuni multifazate reglabile şi care se poate conecta la un sistem de tensiune alternativă, cu scopul de a realiza schimburi de putere activă şi reactivă independent controlabile (Static Synchronous Generator - SSG).

Limitator de tensiune controlat cu tiristoare - Variator cu oxizi metalici controlat cu tiristoare pentru a limita tensiunea între două puncte ale reţelei în timpul regimurilor tranzitorii (Thyristor Controlled Voltage Limiter - TCVL).

Repartitor de putere - (Dispozitiv de control al repartiţiei sarcinii pe fiecare fază) - Un regulator de putere, în conexiune serie pe fiecare din faze, cuprinzând ramuri cu bobine şi condensatoare supuse unor tensiuni cu defazaje modificate individual. Puterile activă şi reactivă pot fi reglate independent, prin controlul acestor defazaje individuale şi/sau prin intermediul impedanţei ramurilor şi al folosirii unor comutări mecanice sau electronice. În cazul particular în care impedanţele inductive şi capacitive formează o pereche conjugată, fiecare bornă a acestui dispozitiv este o sursă pasivă de curent, dependentă de potenţialul celeilalte borne (Interphase Power Controller - IPC).

Rezistor de frânare controlat cu tiristoare - Rezistor în derivaţie controlat cu tiristoare şi reglat astfel încât să crească stabilitatea unui sistem electric sau să minimizeze fluctuaţiile de putere ale unui grup generator (Thyristor Controlled Braking Resistor - TCBR).

Sistem de baterii pentru stocarea energiei electrice - Sistem de stocare a energiei electrice cu reglaj rapid, a cărui funcţionare se bazează pe fenomene chimice şi care - folosind convertoare de comutare conectate transversal - poate furniza sau absorbi energie către/dinspre un sistem de tensiune alternativă (Battery Energy Storage System - BESS).

Sistem de compensare reactivă - Combinaţie de diverse compensatoare reactive statice şi rotative (var Compensating System - VCS) sau cu comutare manuală (Static var System - SVS), ale căror mărimi de ieşire sunt corelate.

Stocarea magnetică a energiei prin supraconductibilitate - (SMESS) - Sistem de stocare a energiei în câmpul magnetic al unor dispozitive electromagnetice supraconductoare. Pentru schimbul rapid de energie cu un sistem de tensiune alternativă se folosesc convertoare de comutare în derivaţie (Super Conducting Magnetic Energy Storage - SMESS).

Recenzie

EREMIA, M. **"Tehnici noi în transportul energiei electrice. Aplicaţii ale electronicii de putere "** Editura Tehnică, Bucureşti, 1997

Apariţia în Editura Tehnică a lucrării *"Tehnici noi în transportul energiei electrice. Aplicaţii ale electronicii de putere "* elaborată de prof.dr.ing.Mircea Eremia reprezintă un important eveniment editorial, atât prin tema abordată, de o deosebită actualitate, cât şi prin calitatea materialului ştiinţific oferit specialiştilor în domeniu. Preocupările actuale privind creşterea siguranţei şi economicităţii în alimentarea consumatorilor, utilizând realizările remarcabile în domeniul electronicii de putere, au condus la elaborarea de soluţii cu impact deosebit asupra sistemului de transport al energiei electrice.

Dintre soluţiile noi, implementate sau în curs de implementare în sistemele energetice, autorul lucrării abordează două aspecte deosebit de importante şi actuale: problemele specifice transportului energiei electrice la tensiune continuă şi utilizarea sistemelor FACTS (Flexible Alternative Current Transmission Systems) pentru controlul eficient al circulaţiei de putere.

În prima parte a lucrării, autorul abordează cu profesionalism şi pasiune problemele teoretice specifice legăturilor la tensiune continuă: funcţionarea redresoarelor, a invertoarelor, probleme de transport pe linii de tensiune continuă, regimurile nesinusoidale, factorul de putere, coordonarea izolaţiei. Cunoaşterea profundă a problematicii abordate a permis autorului să pună în evidenţă principalele aspecte teoretice şi practice, precum şi modul concret în care este posibilă stabilirea unui model coerent de calcul. Exemplele de calcul cuprinse în lucrare permit, în mare măsură, obţinerea de informaţii suplimentare privind abordarea şi rezolvarea concretă a unor aspecte specifice instalaţiilor de transport la tensiune continuă.

Capitolele 3 şi 4 ale lucrării cuprind o analiză deosebit de utilă privind aspecte practice ale realizărilor actuale în domeniul staţiilor "back-to-back" şi a "sistemelor multiterminale"; de asemenea, sunt puse în evidenţă condiţiile privind extinderea acestor sisteme şi sunt prezentate propuneri care ar putea fi abordate în viitor, în perspectiva dezvoltării sistemului energetic regional şi global. Informaţiile tehnice, deosebit de bogate, cuprinse în aceste capitole ale lucrării, sintetizează, în mare măsură, experienţa actuală pe plan mondial în domeniul transportului la tensiune continuă şi pot reprezenta premisele abordării soluţiilor de viitor.

Impactul liniilor de transport la tensiune continuă asupra sistemelor energetice din care fac parte este amplu analizat în cadrul capitolului 5 al lucrării. Pe baza unor premise teoretice, dar utilizând şi informaţii privind funcţionarea sistemelor actuale, autorul lucrării analizează aspectele privind influenţa asupra stabilităţii sistemului, asupra puterii de scurtcircuit, asupra circulaţiei puterilor active şi reactive. Deosebit de utilă din punct de vedere practic este prezentarea modelului matematic al sistemului în prezenţa unei legături la tensiune continuă, precum şi a metodologiei de rezolvare a ecuaţiilor de funcţionare.

Partea a doua a lucrării prezintă aspectele teoretice ale sistemelor FACTS, implicaţiile asupra economicităţii şi siguranţei în alimentarea consumatorilor şi aspectele concrete care limitează în prezent implementarea acestora. Analiza în detaliu efectuată prezintă un interes deosebit, fiind de fapt prima lucrare în România care abordează, la acest nivel, problemele specifice FACTS. Schemele concrete de utilizarea a sistemelor FACTS în sistemele energetice, modul specific de reglare şi caracteristicile sistemului în prezenţa FACTS sunt analizate pe larg în cadrul lucrării. Un interes deosebit prezintă analiza sistemelor FACTS aflate în prezent în funcţiune, cu caracteristicile lor tehnice, dar şi cu posibilităţile lor de dezvoltare.

Lucrarea elaborată de prof.dr.ing.Mircea Eremia, un pasionat cercetător privind aspectele moderne din domeniul transportului energiei electrice, prezintă într-un mod clar şi coerent principalele aspecte teoretice şi practice privind transportul la tensiune continuă şi sistemele FACTS. Bogatul material informativ, precum şi propunerile concrete privind implementarea celor două noi tehnologii reprezintă o invitaţie adresată studenţilor şi cercetătorilor în domeniu pentru cunoaşterea, aprofundarea şi extinderea acestora şi pentru luarea lor în considerare în procesul actual de reorganizare a sistemului energetic.

Apariţia lucrării domnului prof. Mircea Eremia, care aduce o contribuţie importantă la îmbogăţirea literaturii tehnice de specialitate, a fost posibilă şi datorită preocupărilor deosebite ale Editurii Tehnice de a pune la dispoziţia specialiştilor din ţara noastră, cu toate dificultăţile actuale, materiale de înalt nivel ştiinţific, de mare actualitate şi de larg interes, elaborate de cunoscuţi specialişti în domeniu.

prof. dr. ing. NICOLAE GOLOVANOV

INHALT

AURELIU LECA: Die Reform im bereich der energiewirtschaft in rumänien 195

MIRCEA EREMIA: Gespräch am runden Tisch: 'FACTS - Einrichtungen für verbesserte elektrische Netze" 203

MIRCEA EREMIA, CĂTĂLIN DUMITRIU, CONSTANTIN BULAC, ION TRIŞTIU: FACTS Einrichtungen .Konzepte und Anwendungen in Elektroenergiesystemen. 204

NARAIN G. HINGORANI - Die Revolution in der Leistungselektronik unter Hervorhebung neuer Anwendungen in den FACTS-Einrichtungen für Elektroenergiesysteme. 215

RAFAEL MIHALIČ - Ein Aspekt des Wirksamkeitsvergleichs der Parallel-und Reihenkompensation zur Verbesserung der transienten Stabilität. 222

CĂLIN MIHĂILEANU - Wird die Zuverlässigkeit der elektrischen Systeme durch Liberalisierung, Abschaffung des Regelwerks und institutionellen Abbau beeinträchtigt? Die Rolle der FACTS. 230

RAFAEL MIHALIČ - Diie Lastflußkontrolle in vermaschten elektrischen Systemen unter Anwendung von FACTS-Einrichtungen. 232

CONSTANTIN BULAC, MIRCEA EREMIA, CĂTĂLIN DUMITRIU, ION TRIŞTIU : Der Einfluß des statischen SVC-Kompensators auf die Spannungsstabilität der mittels einer HS/GS-Vernindung asynchron verbundenen Systeme. 241

CORNEL ALDEA, CRISTINA POPESCU - Die Modellierung der statischen Kompensatoren zur Simulierung dynamischer Kenngrößen. 247

RAFAEL MIHALIČ - Die einheitliche Lastflußkontrolle - ein Mittel zur überwachung der Lastflüsse. 253

PH. DELARUE, C. BOGUŞ, R. BAUSIERE, E. MILENT, M. CRAPPE, M. RENGLET, J. TRECAT - Die Modellierung und die Kontrolltechnik des Einheitlichen Lastflußkontrollers. 263

DAN FODOR, DAN FLORICĂU, FLORIN IONESCU, CRISTIAN BOGUŞ - Aktiver Parallelfilter zur Kompensation des Leitungsstromes im Falle der Gleichrichter. 275

RAFAEL MIHALIČ - Der statische synchrone Reihenkompensator und das Elektroenergiesystem. 280

ADRIAN BUTA, ADRIAN PANĂ - Kriterien zur Kompensation der Blindleistungin den Netzen mit Lastungleichgewicht. 289

TERMINOLOGIE

SORIN HURDUBEŢIU, Mircea Eremia,: Kurzes Fachwörterbuch mit üblichen Begriffen und Abkürzungen aus dem Bereich der FACTS-Einrichtungen. 274, 279, 294

REZENSION

Nicolae Golovanov: Mircea Eremia "Neue Techniken in der übertragung der Elektroenergie.Anwendungen der Leistungselektronik"Technischer Verlag,1997,264 S. 295

СОДЕРЖАНИЕ

АУРЕЛЮ ЛЕКА: Реформа области электрической энергии в Румынии 195

МИРЧЕА ЕРЕМИА: Круглый стол "Устройства FACTS для более эффективных электрических сетей 203

МИРЧЕА ЕРЕМИА, КЭТЭЛИН ДУМИТРИУ, КОНСТАНТИН БУЛАК, ИОН ТРИШТИУ: Устройства FACTS. Концепты и их применения в энергоэнергетических системах 204

НАРАИН ДЖ. ХИНГОРАНИ: Революция в области энергетической электроники- новое применение устройств FACTS и Custom Power 215

РАФАЕЛ МИХАЛИЧ: Точка зрения для сравнения эффективности паралельной и серийной компенсации и её влияние на улучшение стабильности переходного режима 222

КЭЛИН МИХЭИЛЕАНУ: Будет ли иметь либерализация, отказ от регламентации и разчединение предприятий влияние на надёжность электрицеских систем ? Роль устройсв FACTS 230

РАФАЕЛ МИХАЛИЧ: Контроль потока мощности в замкнутых электрических системах с помощью устройств FACTS 232

КОНСТАНТИН БУЛАК, МИРЧЕА ЕРЕМИА, КЭТЭЛИН ДУМИТРИУ, ИОН ТРИШТИУ: Влияние статического компенсатора SVC на стабильность напряжения систем обьединненых асинхронно через связь постоянного тока высокого напряжения 241

КОРНЕЛ АЛДЕА, КРИСТИНА ПОПЕСКУ: Моделирование статических компенсаторов для симулирования динамических качеств 247

РАФАЕЛ МИХАЛИЧ: Централизованный контроль потоки мощности - средство для контроля потока мощности 253

Ф. ДЕЛАРЮ, К. БОГУШ, Р. БОСИЕР, Е. МИЛЕНТ, М. КРАПЕ, М. РЕНДЛЕ, Ж. ТРЕКАТ: Моделирование и техника контроля централизованного контроля потоки мощности 263

ДАН ФОДОР, ДАН ФЛОРИКЭУ, ФЛОРИН ИОНЕСКУ,КРИСТИАН БОГУШ: Паралельный активный филтр использованный для компенсации линейного тока у выпрямителей 275

РАФАЕЛ МИХАЛИЧ: Серийный статический синхронный компенсатор и электроэнергетическая система 280

АДРИАН БУТА, АДРИАН ПАНЭ: Критерия компенсации реактивной мощности в сетях с неуравновешанными нагрузками 289

ТЕРМИНОЛОГИЯ

СОРИН ХУРДУБЕЦЮ, МИРЧЕА ЕРЕМИА, НИКОЛАЕ ГОЛОВАНОВ: Краткий словарь терминов и обычных сокращений для устройств FACTS 274, 279, 294

РЕЦЕНЗИЯ

НИКОЛАЕ ГОЛОВАНОВ: Мирчеа Еремиа **"Новые техники для передачи электричества. Применения электроники мощности"** 295

EDITURA TEHNICĂ ANUNŢĂ ULTIMELE APARIŢII ÎN DOMENIUL ENERGETIC:

1. Laurenţiu, D. **Exploatarea economică a centralelor termoelectrice**.
   Format 170 x 240 mm, 270 p., 21000 lei.
2. Eremia, M. **Tehnici noi în transportul energiei electrice. Aplicaţii ale electronicii de putere.**
   Format 170 x 240 mm, 260 p., 26000 lei.
3. Leca, A. (coordonator). **Principii de management energetic**.
   Format 170 x 240 mm, 548 p., 28000 lei.

ANUNŢ !

În anul 1996 a apărut la Editura Tehnică lucrarea de mare interes pentru specialiştii energeticieni **"Electrificarea în România (1951 - 1992)".**

Volumul, cuprinzând 956 p., a fost elaborat de un colectiv valoros, coordonat de ing. Paul Cartianu, ing. Petru Iftimie, dr. ing. Călin Mihăileanu, dr. ing. Eugeniu Pavel, ing. Costin Rucăreanu.

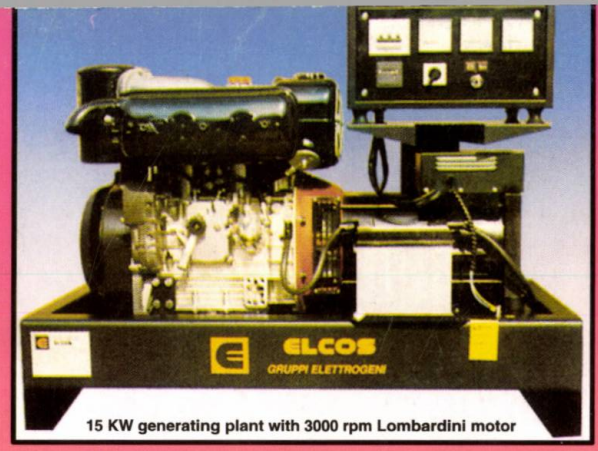
Lucrarea cuprinde prezentarea perioadei 1951 - 1992 a acţiunii de electrificare a României şi reprezintă o continuare a volumului **"Istoria energeticii şi electrotehnicii în România - Electrificarea României de la începuturi până în anul 1950,"** elaborat de un colectiv sub coordonarea prof. dr. ing. Constantin Dinulescu şi publicat de Editura Tehnică în anul 1981.

Cartea prezintă interes atât pentru diferite categorii de specialişti, cât şi pentru publicul larg, contribuind la îmbogăţirea informaţiei într-un domeniu de vârf al tehnicii.

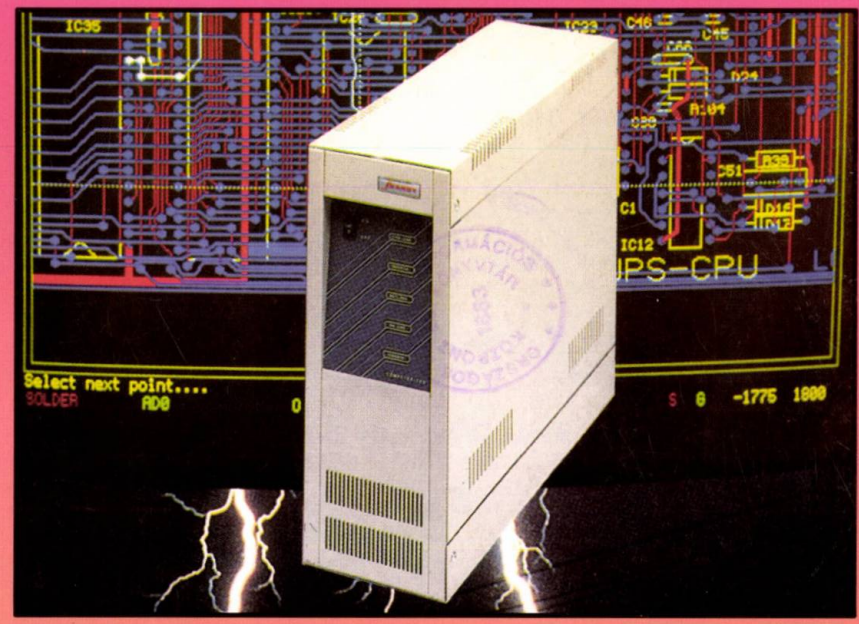
Cei interesaţi pot consulta lucrarea la bibliotecile institutelor şi întreprinderilor.

RO SHANDY s.r.l.

TEL.: 0040/1/746.05.67
TEL./FAX: 0040/1/312.95.10
BUCUREŞTI sector 6,
BD. TIMIŞOARA 39, bl. 36, ap.11



15 KW generating plant with 3000 rpm Lombardini motor



Societatea româno-italiană **RO SHANDY SRL** a fost creată ca societate mixtă cu parteneri italieni producători de echipamente electronice. Societatea funcţionează în domeniile: comerţ, producţie, proiectare, service pe echipamente fabricate în ITALIA.

Echipamentele pe care le oferim sunt următoarele:

- **SURSE DE ALIMENTARE NEÎNTRERUPTĂ** (UPS) în gama 100W...26kVA

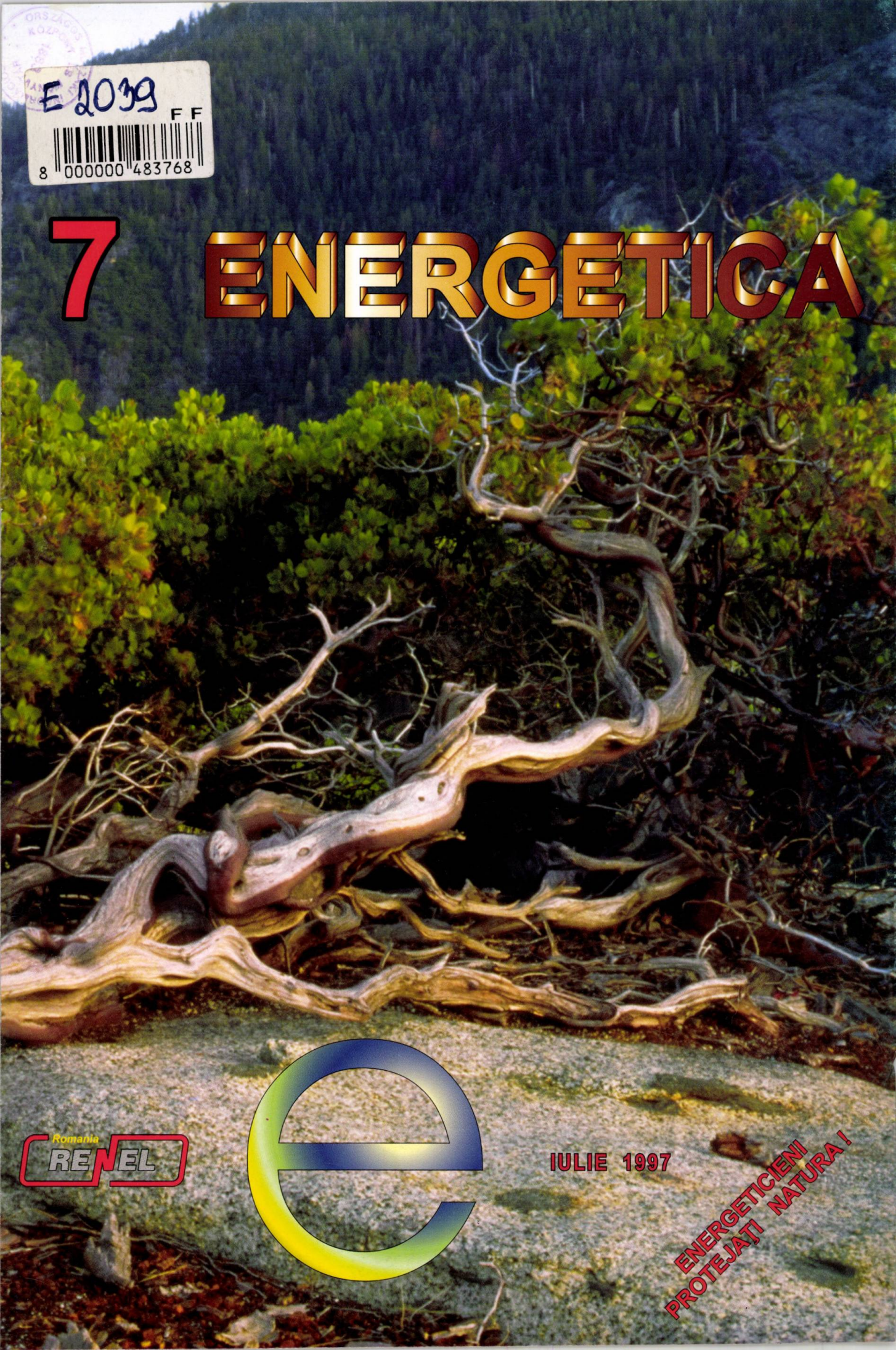
cu aplicaţii de alimentare a calculatoarelor şi reţelelor de calculatoare, sisteme de telecomunicaţii, centrale digitale, aparatură medicală, procese automatizate.

- **INVERTOR+REDRESOR** gama 500 VA.....800 kVA cu aplicaţii industriale, navale etc.
- **INVERTOARE SPECIALE** 110 Vc.c./220 Vc.a. şi 220 Vc.c./220 Vc.a. pentru staţii electrice RENEL.
- **STABILIZATOARE C.A** mono şi trifazate 300 W.....100 kVA.
- **REDRESOARE** cu microprocesor pentru încărcarea bateriilor.
- **CONVERTIZOARE TRIFAZATE c.a./c.c.** reversibile, cu recuperare de energie în reţea, controlate cu microprocesor.
- **CONVERTIZOARE STATICE DE FRECVENŢĂ FIXĂ** în gama 45...400 Hz şi puteri 1...600 kVA.
- **CONVERTIZOARE STATICE DE FRECVENŢĂ VARIABILĂ** pentru acţionarea motoarelor asincrone, monofazate şi trifazate, cu microcontroler şi control de câmp cu puteri 0,75....110 kW.
- **DEMAROR DE MOTOARE ASINCRONE**
- **GRUPURI ELECTROGENE** cu motoare IVECO AIFO, CUMMINS, PERKINS, VOLVO PENTA, SAME, VM, LOMBARDINI, LISTER PETTER, cu gama între 2...1400 kVA, răcire cu apă sau aer insonorizate, mobile sau construite în bază fixă.

Întreprinderea producătoare italiană *SHANDY* este atestată ISO 9001, iar produsele sunt omologate de institutul german FACHAUSSCHUB ELEKTROTECHNIK.

E 2039 FF
8 000000 483768

7 ENERGETICA



Romania RENEL

IULIE 1997

ENERGETICIENI PROTEJAȚI NATURA!

Soluţii locale, eficiente pentru o energie curată

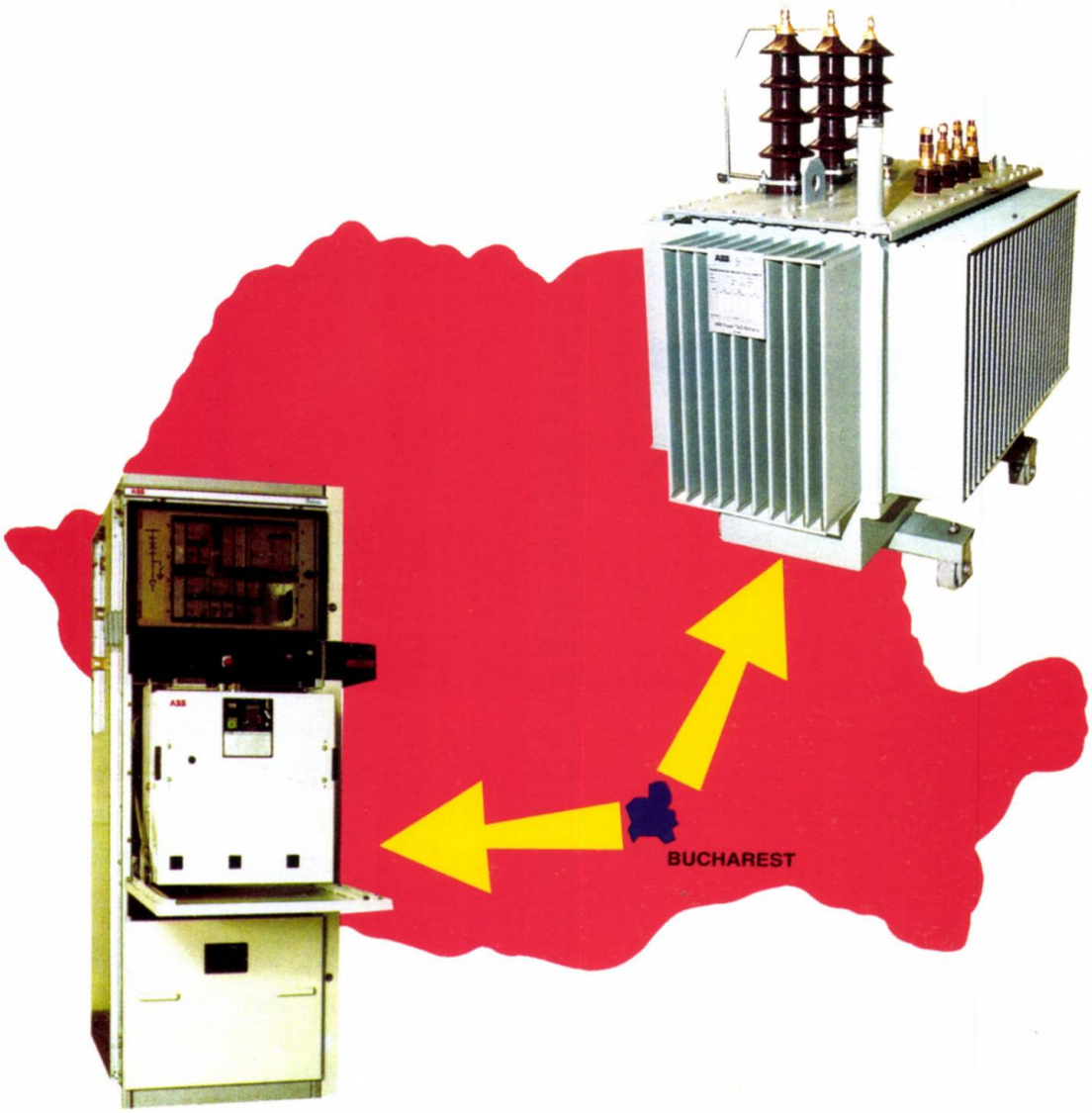


ABB Power T & D
Romania

ABB

ENERGETICA e®

REVISTA DE SPECIALITATE
A ENERGETICIENILOR
DIN ROMÂNIA

ISSN: 1220 - 5133

ANUL 45 | Nr. 7 | IULIE 1997

Include şi *Buletin Informativ ENERGETICA*

EDITOR: Regia Autonomă de Electricitate - **RENEL**
Grupul de Studii, Cercetare şi Inginerie - **GSCI**
Centrul de Informare şi Documentare Energetică - **CIDE**
B-dul Energeticienilor nr.8, sector 3, Bucureşti, cod 79.619
tel: 323.95.52
323.6730/235
fax: 323.95.52
e-mail: cide @ mail gsci. vsat. ro
telex: 10783 gsci r

COLEGIUL DE REDACŢIE
BIROUL: ing. Vasile RUGINĂ - redactor-şef; dr. ing. Jean CONSTANTINESCU - redactor-şef adjunct; prof. dr. ing. Dumitru Cezar IONESCU - redactor-şef adjunct; dr. ing. Eugeniu PAVEL; ing. Radu OPINCARU; ing. Ion CONECINI; ing. Vladimir CONSTANTINESCU; conf. dr. ing. Virgil MUŞATESCU ; ing. Dan GHEORGHIU; ing. Nicolae NICULESCU; dr. ing. Ioan GANEA; ing. Mihai NICOLAU
MEMBRI: prof. dr. ing. Florin ALEXE; ing. Ovidiu APOSTOL; prof. dr. ing. Victor ATHANASOVICI; prof. dr. ing. Adrian BADEA ; prof. dr. ing. Cornel BIANCHI; ing. Paul CARTIANU; ing. Mircea CÂRDU; ing. Radu CONSTANTIN; prof. dr. ing. Dorin CRISTESCU; prof. dr. ing. Nicolae DĂNILĂ; dr. ing. Laurenţiu GOIA; prof dr. ing. Nicolae GOLOVANOV ; prof. dr. ing. Dumitru IVAS; prof. dr. ing Aureliu LECA; dr. ing. Gheorghe LUCA; dr. ing. Magdalena MATEI; ing. Cornel MOŢIU; prof. dr. ing. Constantin NEAGA; prof. dr. ing. Mircea NEMEŞ; prof. dr. ing. Valeriu NISTREANU; ing. Cornel PĂSLARU; prof. dr. ing. Alexandru POEATĂ; dr. ing. Marius POMÂRLEANU; prof. dr. ing. Florin POP; dr. ing. Teodor POPA; dr. ing. Anca POPESCU; ing. Miron POPESCU; conf. dr. ing. Petre POSTOLACHE; dr. ing. Dan Ion PREDOIU; ing. Radu REGMAN; ing. Gabriel ROMAŞCU; ing. Anton ROŞU ; ing. Margarios SALGIAN; ing. Alexandru SĂNDULESCU; ing. Emilian SIMIAN; ing. Cristian TOTOLO; ing. Anton VLĂDESCU.
REDACTOR: Ana Maria CHIVU (tel. 321 69 66/149)

INFORMAŢII, ABONAMENTE, PUBLICITATE
Maria Tomescu (tel. 323 67 30/143)
Silvia Romanescu (tel: 323 67 30/143)
DIFUZARE: *Adela Popescu* (tel: 323 67 30/188)
Abonamentele se pot face prin dispoziţie de plată sau mandat poştal trimis pe adresa editorului. Se pot face abonamente şi cu plata direct la sediul editorului. Cititorii din străinătate se pot abona prin achitarea c/v abonamentului (120 $) în contul editorului .
CONT BANCAR: 30.11.8.01.01. BCR Filiala sector 3, Bucureşti (lei)
472171611010 (valută)
TIPAR:CIDE - Serviciul Tipografie.
Coperta tipărită la TIPO - AKTIS, Bucureşti

©Toate drepturile asupra acestei publicaţii sunt rezervate editorului. Orice reproducere, integrală sau parţială, prin indiferent ce mijloace, a materialelor apărute în paginile publicaţiei se poate face numai cu aprobarea editorului. Sunt autorizate numai citările incluse în lucrări ştiinţifice sau în alte volume, cu precizarea sursei. Opiniile exprimate în articolele publicate în revistă aparţin autorilor şi nu reflectă în mod obligatoriu punctul de vedere al editorului. Orice persoană juridică sau fizică a cărei acţiune este în concordanţă sau în contradicţie cu opiniile exprimate în materialele publicate îşi asumă riscurile urmărilor, editorul şi autorii neavând nici o răspundere.

CUPRINS

Simpozionul *"Politica energiei electrice din România : monopol, competiţie, privatizare"* 299
SORIN DUMITRU: Unele consideraţii privind politica de reformă în sectorul energiei 301
AURELIU LECA : Sectorul energetic în România : realităţi şi perspective 307
NECOLAE LICIU: Priorităţi de reglementere în industria energiei electrice şi termice în contextul românesc şi al politicii Uniunii Europene 313
WALT PATTERSON, MICHAEL GRUBB: Liberalizarea pieţei europene a electricităţii: impactul asupra producerii electricităţii şi asupra mediului 322
VIRGIL MUŞATESCU: Oportunităţi de competiţie, dezvoltare şi afaceri în sectorul energiei electrice. Rolul producătorilor independenţi de energie 329
VICTOR ROMERT: Politici posibile de reformă a sectorului energiei electrice 336
ROBERTO FIGUEREDO : Opţiuni de restructurare a sectorului energetic românesc 340
JEAN CONSTANTINESCU: Zonele de competiţie şi de serviciu public în industria energiei electrice. Rolul esenţial al reţelei electrice în organizarea pieţei energiei 341
IOAN CONECINI: Politica preţului energiei electrice, sursele dezvoltării şi armonizarea deosebirilor de interese între furnizor şi consumator 347

RECENZIE
MIRCEA CÂRDU: Creţea Gavril " Turbine cu abur şi cu gaze" 339, 351

Our review publishes ADVERTISMENTS for your PRODUCTS, TECHNOLOGIES, SERVICES, etc.

Please, contact us at the address:
Revista ENERGETICA
GSCI, B-dul Energeticienilor nr.8,
Bucureşti III, RO 79619
Phone : (401)321 69 66/149
Fax: (401)323 95 52
Telex: 10783 gsci r

Editat cu sprijinul Ministerului Cercetării şi Tehnologiei - Colegiul Consultativ pentru Cercetare Ştiinţifică şi Dezvoltare Tehnologică

Simpozionul "Politica energiei electrice din România: monopol, competiţie, privatizare"

Bucureşti 2 - 3 aprilie 1997

Cuvântul d-lui Gleb Drăgan, membru corespondent al Academiei Române, preşedintele Secţiei de Energetică

Industria energiei electrice reprezintă un sector strategic în dezvoltarea socială şi economică a unei ţări. De altfel, datorită dependenţei întregii societăţi de sectorul energiei electrice, precum şi impactului său asupra mediului ambiant, în majoritatea ţărilor europene acesta este plasat în primele trei locuri ca importanţă naţională.

Problema fundamentală, în momentul de faţă, a sectorului energiei electrice din ţara noastră constă în stabilirea structurii sale viitoare.

Furnizarea energiei electrice, considerată în urmă cu câteva decenii ca fiind un serviciu public, are obligaţia de a asigura consumatorilor o alimentare sigură şi un înalt grad de calitate.

Un alt punct de vedere, mai recent, consideră energia electrică drept o marfă, la a cărei producţie şi comercializare trebuie aplicate regulile pieţei concurenţiale.

Necesitatea unei analize de fond a domeniului energiei electrice, ca parte integrantă a tranziţiei, constituie în momentul de faţă o problemă prioritară în ţara noastră.

Academia Română, prin rolul ei de promovare şi de coordonare a preocupărilor fundamentale şi avansate din domeniul ştiinţific şi cultural din ţara noastră, are datoria de a participa la rezolvarea problemelor importante ale industriei energiei electrice din România. În acest sens, a fost organizat, de către Comisia Energetică a Academiei Române, un simpozion intitulat **"Politica energiei electrice din România: monopol, competiţie, privatizare"**, care a avut loc în zilele de 2 - 3 aprilie 1997 în Aula Magna a Academiei Române. La acest simpozion au prezentat lucrări specialişti de înaltă competenţă din domeniul energiei electrice din ţară şi din străinătate. Dovadă a importanţei deosebite a tematicii simpozionului este faptul că acesta s-a ţinut sub înaltul patronaj al Preşedintelui României, Emil Constantinescu. De asemenea, simpozionul a fost onorat de prezenţa domnilor: Dan Căpăţână, consilier prezidenţial, Călin Popescu Tăriceanu, ministru secretar de stat, Sorin Dimitriu, preşedintele FPS, E.S. Cristopher Crabbie, ambasador al Regatului Unit al Marii Britanii şi al Irlandei de Nord, Jean Paul Joulia, director adjunct la Direcţia Generală pentru Cooperare Energetică din U.E., Virgiliu N. Constantinescu, preşedintele Academiei Române, Alexandru Balaban, Dan Rădulescu, Eugen Simion, vicepreşedinţi ai Academiei Române, acad. Marius Peculea, secretar general al Academiei Române. La lucrările simpozionului au participat numeroşi specialişti din domeniul energiei electrice: profesori universitari, manageri, cercetători, specialişti.

Dat fiind importanţa tematicii simpozionului şi interesul faţă de problema restructurării sectorului energiei electrice, s-a decis prezentarea lucrărilor în revista Energetica*.

De menţionat că, pe baza preocupărilor în domeniul energiei electrice ale Academiei Române şi a lucrărilor simpozionului s-a elaborat, de către specialiştii în domeniu, un *"Punct de vedere al Academiei Române privind structurarea industriei energiei electrice din România"*, care a fost înaintat Preşedinţiei României, Guvernului, Senatului, Camerei Deputaţilor, Ministerului Industriei, Ministerului Reformei, Fondului Proprietăţii de Stat şi RENEL-ului.

*

Cuvântul acad. Virgiliu N. Constantinescu, preşedintele Academiei Române

Domnule Preşedinte al României,
Domnilor miniştri,
Doamnelor şi domnilor,

Energia electrică are, inevitabil, o pondere importantă în dezvoltarea economică şi socială a unei ţări. Astăzi, o economie modernă nu se poate concepe fără un sistem energetic eficient. De altfel, în cadrul ţărilor membre OECD (Organizaţia de Cooperare şi Dezvoltare Economică), energia electrică a reprezentat forma de energie cu cea mai rapidă evoluţie. Aşa se explică preocupările intense, în ultima perioadă, pe plan mondial de analiză şi de reformă a sectorului energetic, legate de reforma economiei ţării respective. De asemenea, apare tot mai clar tendinţa interconexiunii sistemelor energetice din ţările din centrul şi estul Europei cu sistemele energetice din Vest.

Problema energiei electrice prezintă un interes deosebit în cazul ţărilor de tranziţie, cum este şi ţara noastră. În perioada actuală România depune eforturi politice pentru aderarea la Uniunea Europeană, ceea ce se referă şi la domeniul energiei, conform Tratatului Cartei Europene.

Problema fundamentală, în momentul de faţă, a sectorului energiei electrice constă în stabilirea structurii sale viitoare.

---

* În formă mult redusă lucrările au apărut şi în revista Academica, nr. 7, 1997.

Furnizarea energiei electrice a fost considerată, îndeosebi în ţările din centrul şi estul Europei, ca fiind un serviciu public în care sistemul energiei electrice are obligaţia de a asigura consumatorilor o alimentare sigură şi cu un înalt grad de calitate.

Un alt punct de vedere este cel ce consideră că energia electrică reprezintă o marfă care este supusă regulilor pieţelor concurenţiale.

Adoptarea unui model: monopol sau privatizare, depinde de decizia fiecărei ţări. În ţările de tranziţie statul trebuie să analizeze şi, eventual, să revadă rolul pe care l-a avut în domeniul energiei electrice, plecând de la ideea că reforma sectorului energetic trebuie să ducă la producerea energiei electrice cu costuri minime, în condiţiile unui serviciu de calitate şi cu considerarea limitării impactului cu mediul.

În funcţie de modelul de restructurare a energiei electrice apar şi alte aspecte importante.

Astfel, o problemă complexă cu care se confruntă sectorul energiei electrice o constituie lipsa unei legislaţii. De menţionat că legislaţia privind energia electrică din ţara noastră trebuie să includă prevederile Tratatului Cartei Europene.

Creşterea eficienţei energetice şi reducerea impactului sistemului energetic asupra mediului trebuie să reprezinte, de asemenea, preocupări prioritare de viitor.

De modul de alegere a structurii viitoare a sistemului energetic depinde şi politica preţului energiei electrice, precum şi armonizarea deosebirilor de interese dintre furnizor şi consumator.

Academia Română, având menirea de a promova şi a coordona preocupările fundamentale şi avansate din domeniul ştiinţific şi cel cultural din ţara noastră nu se putea să nu se implice în problema energiei electrice din România. Scopul acestui simpozion este ca, pe baza referatelor prezentate şi pe baza discuţiilor ce vor urma, să se elaboreze un material care să reprezinte punctul de vedere al Academiei Române în problema viitoarei structuri a energiei electrice, material care va fi înaintat Preşedinţiei, Guvernului, Parlamentului.

Doamnelor şi domnilor, acest simpozion se ţine sub înaltul patronaj al Preşedintelui României, Emil Constantinescu, ceea ce atestă importanţa pe care Domnia Sa o acordă problemei energiei din ţara noastră.

Domnule Preşedinte al României, pentru onoarea pe care ne-aţi acordat-o de a participa la acest simpozion, în numele Academiei Române, în numele meu personal, ţin să vă mulţumesc în mod deosebit.

Prezenţa dumneavoastră va da o nouă semnificaţie lucrărilor acestui simpozion.

*

Cuvântul d-lui Dan Căpăţână, consilier personal al Preşedintelui României pentru reformă şi dezvoltare

Domnule Preşedinte al Academiei,

Doamnelor şi domnilor,

Invitaţia dumneavoastră ne onorează şi ne obligă.

Ne onorează pentru că suntem chemaţi să spunem câteva cuvinte în această aulă în care au răsunat vocile unor înaintaşi celebri.

Ne obligă, pentru că, într-adevăr, problematica pusă astăzi în discuţie are o importanţă vitală pentru reuşita reformei economice în România. O dovadă că însuşi domnul Preşedinte Emil Constantinescu gândeşte în aceşti termeni o reprezintă faptul, nu lipsit de relevanţă, de a se fi înfiinţat sub directul său patronaj "Consiliul energiei", primul dintr-o serie de alte şapte consilii consultative ale Preşedinţiei.

Restructurarea Sistemului Energetic Naţional presupune analizarea tuturor interacţiunilor cu alte sisteme, atât în "amonte", cât şi în "aval", respectiv:

- evoluţia sistemului de resurse energetice primare, atât în plan intern, cât şi pe piaţa internaţională;
- evoluţia consumatorilor de energie în economia românească şi a politicilor de retehnologizare a principalelor companii energofage.

Consiliul nostru consultativ a elaborat şi transmis către guvern o strategie a restructurării SEN, eşalonată pe parcursul a şase ani, care-şi propune ca obiectiv final crearea unei pieţe libere, atât pe componenta producţiei, cât şi pe cea de distribuţie a energiei electrice.

Atingerea acestui obiectiv presupune intervenţii majore în plan instituţional şi legislativ.

Primul aspect are ca obiectiv spargerea monopolului RENEL şi stimularea investiţiilor cu capital autohton sau străin în zona producţiei şi distribuţiei, fiecare agent economic având asigurat accesul la reţeaua de transport şi participarea în condiţii de liberă concurenţă pe piaţa energetică (în contextul unei politici prognozate a tarifului energiei electrice în următorii ani).

Al doilea aspect are ca obiectiv principal aprobarea de către Parlament a "Legii energiei", care reglementează, din punct de vedere tehnic şi juridic, activităţile din domeniu.

Am convingerea că lucrările simpozionului vor aduce contribuţii de seamă în complexa problematică a reformei sistemului energetic naţional.

UNELE CONSIDERAŢII PRIVIND POLITICA DE REFORMĂ ÎN SECTORUL ENERGIEI

dr. ing. SORIN DIMITRIU
preşedintele Consiliului de administraţie al Fondului Proprietăţii de Stat

Având în vedere caracteristicile sectorului energiei electrice, în deceniile precedente s-a generalizat organizarea sa sub forma unor monopoluri, integrate orizontal şi vertical.

În ultimul timp, pe plan mondial se înregistrează tendinţe puternice de reformă a sectorului energiei. Aceste tendinţe contestă structurile clasice de organizare integrată a societăţilor de electricitate şi monopolul lor pe un anumit teritoriu, urmărind realizarea unei pieţe libere.

În ţările în tranziţie reforma acestui sector se desfăşoară în cadrul reformei economice generale. Acolo unde reforma s-a desfăşurat cu o viteză ridicată s-au înregistrat succese importante: eficienţa economică a crescut, investiţiile străine sunt la nivel ridicat, sistemele electroenergetice s-au integrat deja în sistemul vestic.

În România, reforma sectorului energiei electrice s-a desfăşurat într-un ritm scăzut, cu consecinţe nefavorabile.

Rezolvarea acestei probleme este posibilă în cadrul unei strategii naţionale, care să vizeze asigurarea dezvoltării durabile a ţării noastre.

Given the electricity sector characteristics its organization over the previous decades was generally in the form of the horizontally and vertically integrated monopolies.

Lately we are witessing through out the world strong tendencies towards the electricity sector reform.

These tendencies questions the merit of the integrated organization based classical structures of the power utilities that resulted in their monopoly on a certain area and they ultimately aim at creating a free market.

In the countries that are at present in a transition stage, the electricity sector reform develops simultaneously with the general economic reform.

Wherever the reform developed at a fast pace, significant successes were reported, consisting in the economic efficiency increase, large foreign investments, the power system integration into the Western system .

In Romania the electricity sector reform was implemented at a slow pace with unfavorable consequences.

For working this problem out, a national strategy should be adopted, meant to ensure a sustained development of our country.

Descriptori: reformă, privatizare, politici energetice

Introducere

Industria energiei electrice are o serie de particularităţi, care şi-au pus amprenta asupra modului său de organizare, cele mai importante fiind:

- simultaneitatea fenomenelor (şi în primul rând a producerii şi consumului);
- posibilitatea transportului la distanţe mari şi realizarea unor sisteme electroenergetice de mari dimensiuni;
- funcţionarea interconectată a tuturor producătorilor şi consumatorilor dintr-un sistem dat;
- dependenţa tuturor sectoarelor economice şi sociale de energia electrică;
- existenţa "monopolului natural" al reţelelor electrice.

Astfel, furnizarea energiei electrice a fost considerată în mod tradiţional un serviciu public, iar firmele din acest sector (în mod frecvent firme de stat), în schimbul unor privilegii acordate, au fost obligate să asigure o alimentare garantată a consumatorilor. Partizanii acestei viziuni consideră că industria energiei electrice este o industrie specială, care necesită reglementări distincte şi, în particular, necesită protecţie în faţa forţelor concurenţiale. Companiilor de electricitate li s-a atribuit astfel o anumită zonă geografică (de multe ori o ţară întreagă), în care au beneficiat de drepturi exclusive (producere comercială, transport, distribuţie şi, frecvent, import şi export).

Un alt punct de vedere, relativ recent, este cel care consideră energia electrică drept o marfă, la a cărei producere şi comercializare trebuie aplicate regulile pieţei concurenţiale. Cei care adoptă acest punct de vedere arată că şi alte bunuri şi servicii de importanţă vitală (de exemplu: alimentele, serviciile medicale etc.) sunt asigurate de furnizori care se

concurează. Problemele tehnice care apar la dezvoltarea concurenţei în sistemele electroenergetice sunt cu mult mai complexe, dar, în momentul actual, există soluţii pentru rezolvarea lor [1]. Tendinţele recente de liberalizare a pieţei energiei contestă structurile clasice de organizare integrată a societăţilor de electricitate.

În acest context au apărut întrebări noi, cele mai importante fiind următoarele:

- electricitatea reprezintă un serviciu public pe tot traseul producere-transport-distribuţie, sau doar pe unele porţiuni ale acestui traseu ?
- sub ce forme şi cât de mult trebuie să se implice statul pe piaţa energiei ?
- în ce măsură reforma acestei pieţe conduce la creşterea eficienţei tehnice şi economice în sistemele electroenergetice ?
- care va fi influenţa reformei asupra consumatorilor ?

Nu există încă răspunsuri definitive la toate aceste întrebări. Există însă un flux consistent de informaţii şi argumente temeinice, care au determinat o tendinţă generală pe plan mondial de reformă în sectorul energiei prin dezvoltarea competiţiei şi eliminarea structurilor integrate orizontal şi vertical.

1. Argumente pentru reforma sectorului energetic

Într-un raport din anul 1993, Banca Mondială arăta că în cadrul companiilor de stat din sectorul energiei se înregistrează următoarele trăsături generale:

- lipsa de transparenţă a conducerii;
- proastă gestiune economică;
- lipsa autonomiei financiare;
- amestecul guvernului în treburile de zi cu zi.

În multe cazuri apar fenomene de manipulare politică şi corupţie, care fac ca problemele să fie şi mai dificile. Multe companii integrate de stat au o situaţie financiară precară şi sunt incapabile să introducă tehnologiile noi, eficiente şi ecologice. Cu toate acestea, reforma acestor companii are de întâmpinat o puternică rezistenţă, atât în ţările bogate, cât şi în cele mai sărace. Aceste companii asigură prosperitatea celor care le gestionează, iar guvernele le folosesc deseori în scopuri proprii [7].

În pofida puternicelor interese care se opun schimbării, la mijlocul anilor '80 au început să se unească eforturile în direcţia reformei industriei energiei. Aceste eforturi au fost conduse la început de forţe din domeniul economic şi al mediului înconjurător. Lor li s-au adăugat tot mai mulţi factori din domeniile politic, al serviciilor publice, juridic etc.

Un prim şi esenţial punct de vedere al susţinătorilor reformei este acela că producerea energiei electrice nu este un serviciu public, ci o operaţiune strict comercială.

În acest domeniu trebuie abolit monopolul şi trebuie dezvoltată concurenţa. Acest punct de vedere s-a bucurat de succes şi au început să apară tot mai mulţi producători independenţi. În SUA, mai multe acte legislative (Actul de Reglementare a Serviciilor Publice din anul 1978, Actul de Politică Energetică din anul 1992 etc.) permiteau firmelor private să investească în construcţia de centrale electrice.

În anul 1992 producătorii independenţi din această ţară deţineau 55 000 MW, iar capacităţile noi, instalate anual de aceştia, le depăşesc pe cele din companiile publice. A fost prevăzut următorul pas, care va fi tranzacţionarea contractelor de livrare a energiei electrice la bursa americană de mărfuri.

Apariţia producătorilor independenţi a fost însoţită de un val de inovaţii tehnologice, care au condus la scăderea importantă a costurilor (tabelul 1).

Tabelul 1

Evoluţia costurilor de producere a energiei electrice în SUA

Tehnologia	1985	1994	2000 (prognoză)
gaze naturale	10 ... 13	4 ... 5	3 ... 4
cărbune	8 ... 10	5 ... 6	4 ... 6
nucleară	10 ... 21	10 ... 21	*
eoliană	10 ... 13	5 ... 7	4 ... 5
solară- termică	13 ... 26	8 ... 10	5 ... 6

Sursa: Cristopher Flavin, Nicholas Lenssen, Powering the Future World Watch Institute, 1994

Rezultă cu evidenţă că reforma sectorului şi promovarea competiţiei au drept efect reducerea costurilor de producere şi implicit a preţurilor de vânzare a energiei.

Ţările europene păşesc şi ele, chiar dacă nu toate în acelaşi ritm, pe acest drum. Marea Britanie are în prezent cel mai deschis sistem energetic din lume. Danemarca, Elveţia, Germania etc. permit, de asemenea, existenţa producătorilor independenţi. Este adevărat că unor astfel de reforme li se opune uneori o puternică rezistenţă - mai ales în Franţa, unde monopolul asupra energiei este esenţial, având în vedere ponderea sectorului nuclear. În ansamblu, însă, Uniunea Europeană priveşte aceste monopoluri ca o violare a legilor comerţului liber care trebuie să guverneze relaţiile dintre statele membre, iar industria energetică se îndreaptă spre un cadru concurenţial deschis.

Experienţa mondială arată că tipul de proprietate în sectorul energetic este o problemă de opţiune naţională. Firmele private oferă aceleaşi garanţii în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor ca şi cele cu caracter de stat, dar se dovedesc mai eficiente economic. Ideea conform căreia doar o firmă integrată proprietate de stat poate asigura o alimentare garantată şi la preţuri minime s-a dovedit a fi un mit fals.

Pe plan mondial, şi în particular în ţările Uniunii Europene, se înregistrează o mare diversitate de structuri organizatorice şi forme de proprietate. În Franţa sectorul energetic este dominat de EdF,

monopol integrat aflat în proprietatea statului. Ponderea majoră a centralelor nucleare, construite cu subvenţii de la buget, contribuie la menţinerea acestui monopol. Există şi alţi producători de energie aflaţi tot în proprietatea statului (Charbonnage de France, Campagnie Nationale du Rhone, SNCF) sau în proprietate privată, precum şi companii locale de distribuţie. În Belgia şi Spania există proprietate mixtă publică şi privată asupra tuturor părţilor componente ale sistemelor electroenergetice. Primele trei mari companii de producere din Belgia sunt proprietate particulară, în timp ce companiile de distribuţie sunt în proprietate municipală sau sunt deţinute în comun de municipalitate şi firme private, fiind exploatate de cele din urmă. Germania este şi ea un exemplu de proprietate mixtă. În Marea Britanie cea mai mare parte din sectorul energiei electrice a trecut în proprietate privată.

Se manifestă în ultimii ani o tendinţă sporită a utilităţilor de a-şi diversifica şi extinde activităţile dincolo de frontiere, fie prin achiziţionarea directă de active a unor utilităţi străine existente, fie prin construirea şi exploatarea unor centrale electrice noi. În particular, recenta reformă a sectorului elecroenergetic din unele ţări aflate în tranziţie a oferit ţărilor Uniunii Europene posibilitatea de investiţii în aceste ţări.

Problema sectorului energetic este una din cele mai importante probleme pentru ţările aflate în tranziţie. În aceste ţări sectorul era în totalitate în proprietatea statului, iar rolul de comandă al acestuia se manifesta în fostul regim cu mai multă forţă decât în alte sectoare economice.

Este cert că în toate aceste ţări statul trebuie să-şi reevalueze rolul pe care şi l-a atribuit. Mai mulţi factori trebuie avuţi în vedere:

- Trebuie asigurată energie electrică la preţuri cât mai reduse (dar care să acopere costurile) pentru o populaţie şi o industrie care în mod frecvent au o capacitate redusă de plată.
- Instalaţiile existente au o eficienţă şi o fiabilitate reduse; sunt necesare investiţii mari pentru dezvoltare/retehnologizare.
- Se înregistrează o lipsă acută de capital intern, ceea ce face necesar aportul de capital extern.
- Sistemul de reglementări referitor la piaţa energiei nu este definitivat.
- Reforma în curs de realizare în celelalte sectoare economice exercită o presiune directă şi importantă pentru realizarea sa şi în sectorul energiei.

Problema esenţială este dacă statul va reuşi să-şi atingă obiectivele strategice privind acest sector, renunţând la proprietatea directă şi utilizând doar măsuri politice şi de reglementare.

În contextul actual, un guvern oarecare poate utiliza încă dreptul de proprietate al statului pentru realizarea unor obiective conjuncturale, fără nici o legătură cu acest sector. Astfel, guvernul nu va rezista tentaţiei de a interveni direct în afacerile companiei de electricitate, menţinând preţuri foarte scăzute pentru populaţie, într-o perioadă în care obiectivul principal este creşterea popularităţii sale. Pe de altă parte, el nu va rezista nici tentaţiei de a acorda companiei unele privilegii care îi pun pe clienţi într-o situaţie de inferioritate (situaţia de simplii consumatori). Ignorând deliberat regulile pieţei (şi având posibilitatea să o facă) statul/guvernul poate astfel compromite realizarea obiectivelor strategice şi nemulţumi ambii parteneri de pe piaţa energiei. Acest lucru va conduce la un ritm lent de creştere a eficienţei pe tot lanţul producere-transport-distribuţie-utilizare (în ipoteza favorabilă că acest ritm este totuşi pozitiv).

Pentru a evita aceste pericole, este esenţial ca statul să facă o distincţie netă între rolurile sale de:

- elaborator al politicii şi normelor legislative;
- proprietar.

Primul rol este cel de bază şi conferă statului atributul de arbitru pe piaţa energiei. Dacă rolul de proprietar nu este jucat foarte corect, atunci rolul de bază poate fi pus în discuţie. Acest lucru poate fi realizat numai prin extinderea maximum posibilă a mecanismelor pieţei în industria energiei şi, în primul rând, prin dezvoltarea competiţiei în acele segmente care nu sunt monopoluri naturale (mai ales în producere). Privatizarea acestor segmente este cea mai bună garanţie că această competiţie este reală şi corectă.

2. Experienţa altor ţări în tranziţie

Fiecare dintre ţările aflate în procesul de tranziţie şi-a ales propriul drum şi propria viteză de înaintare spre economia de piaţă. Acestea au depins atât de realităţile obiective, dar şi de orientările politice la nivel naţional. În consecinţă, se înregistrează deja diferenţe relativ importante de la o ţară la alta. România nu şi-a propus să copieze diferite modele, dar studierea experienţei altor ţări poate oferi învăţăminte.

Astfel, se consideră interesante şi vor fi prezentate în continuare experienţele Cehiei şi Bulgariei în ceea ce priveşte reformele sectorului energiei.

În perioada economiei centralizate şi a existenţei Republicii Federale a Cehiei şi Slovaciei responsabilitatea producerii, transportului şi distribuţiei energiei electrice în Cehia revenea CEZ (Ceske Energeticeske Zavody), care era subordonată Ministerului Federal al Energiei şi Combustibililor.

În luna mai 1992 (încă înainte de separarea Cehiei şi Slovaciei), CEZ a fost transformată în societate pe acţiuni (S.A.), la care Fondul Proprietăţii Naţionale (FPN) - instituţia similară F.P.S. - deţinea 71,9 % din acţiuni. Restul de 28,1 % din acţiuni erau deţinute de celelalte Fonduri de Proprietate înfiinţate

conform legislaţiei naţionale (mai mult sau mai puţin similare F.P.P.-urilor din România).

După 31 decembrie 1992 (data separării Cehiei şi Slovaciei), reforma CEZ s-a accelerat. Astfel, în anul 1993 a fost desprins din CEZ S.A. şi transformat în S.A. un număr de 22 întreprinderi din domeniile producerii energiei electrice, construcţii-montaj, cercetare, proiectare, consultanţă.

De la data de 01 ianuarie 1994 au fost transformate în S.A. distincte cele 8 întreprinderi regionale de distribuţie a energiei electrice.

În prima etapă acestea au rămas în proporţie de 80 % în proprietatea statului reprezentat de F.P.N. (tabelul 2). S-a stabilit la început că F.P.N. va vinde:

- 20 % din acţiuni către investitorii din ţară şi din străinătate;
- 34 % din acţiuni către primării,

dar va rămâne în continuare proprietarul a 26 % din acţiuni. Vânzarea de acţiuni a început în acelaşi an şi printre investitori pot fi găsite mari bănci din Cehia şi străinătate (CITYBANK, CREDITANSTALT, SALZBURGERKREDIT etc.). Forţa financiară a primăriilor s-a dovedit însă mai redusă, astfel încât s-a hotărât ulterior ca acestora să li se distribuie gratuit 15 % din acţiuni.

Tot de la data de 01 ianuarie 1994 au fost transformate în S.A. distincte centrale electrice de termoficare de interes local, care aparţineau întreprinderilor regionale de distribuţie a energiei electrice. Pachetul de acţiuni aferent a fost atribuit în totalitate sau în majoritate primăriilor (tabelul 2).

În cursul aceluiaşi an a continuat acţiunea de privatizare a centralelor electrice (termo şi hidro), astfel încât CEZ S.A. să rămână doar cu sistemul de transport şi funcţiile aferente acestuia.

În anul 1995 au apărut noi orientări în politica de privatizare. S-a hotărât ca volumul acţiunilor firmelor de distribuţie ce poate fi vândut investitorilor să fie majorat de la 20 % la 34 %, cu diminuarea corespunzătoare a participării F.P.N. Vânzările trebuiau însă făcute unor investitori strategici. S-a decis întreruperea vânzării de acţiuni ale firmelor de distribuţie şi realizarea unei campanii intense de informare printre potenţialii investitori strategici din ţările dezvoltate. Legea respectivă prevedea atât condiţiile ce trebuiau realizate de aceştia (experienţă în domeniu, credibilitate financiară etc.), cât şi unele condiţii restrictive, ca:

- un anumit investitor strategic poate investi în cel mult trei firme de distribuţie;

Tabelul 2

Repartiţie iniţială a acţiunilor pentru unele societăţi pe acţiuni înfiinţate la data de 01.01.1994 în Cehia

A. Întreprinderi regionale de distribuţie a energiei electrice

Nr. crt.	Denumire S.A.	FPN	PFC	FAS	FRD	FD	MUN
1	Prazska ENERGETIKA	80	15	1	3	1	0
2	Sredoceska ENERGETIKA	80	15	1	3	1	0
3	Jihoceska ENERGETIKA	80	15	1	3	1	0
4	Zapadoceska ENERGETIKA	80	15	1	3	1	0
5	Severoceska ENERGETIKA	80	15	1	3	1	0
6	Vychodoceska ENERGETIKA	80	15	1	3	1	0
7	Jihomoravska ENERGETIKA	80	15	1	3	1	0
8	Servomoravska ENERGETIKA	80	15	1	3	1	0

B. CET de interes local

Nr. crt.	Denumire S.A.	FPN	PFC	FAS	FRD	FD	MUN
1	CET Pisek	0	19	1	3	1	76
2	CET Strakonice	0	25	1	3	1	70
3	CET Tabor	0	0	0	0	0	100
4	CET Ostrov Nad Ohri	0	0	0	0	0	100
5	CET Plzen	0	15	0,5	3	1	80,5
6	CET Karlovy-Vary	0	0	0	0	0	100
7	.....						

Notă: FPN - Fondul Proprietăţii Naţionale
FPC - Fondul de Privatizare prin Cupoane
FAS - Fondul de Acţiuni ale Salariaţilor
FRD - Fondul pentru Restituiri/Despăgubiri
FD - Fondul pentru Donaţii
MUN - municipalităţi şi primării

Sursa: Petrzilka, Josef; Kopac, Petr. *Der Stand der energiewirtschaftlichen Entwicklung unter besonderer Beruecksichtigung das strukturellen Neuaufbaus*
Raport la al 4-lea Seminar privind situaţia energetică în ţările Europei de Est, Zittau (Germania). 2 - 4 noiembrie 1994.

- un anumit investitor strategic nu poate investi atât în distribuţia energiei electrice, cât şi în distribuţia gazelor naturale dintr-o anumită zonă geografică.

Astfel de prevederi urmăreau, evident, împiedicarea reformării monopolului în forma veche sau într-una nouă.

În alegerile parlamentare din luna iunie 1996 guvernul a fost format de o coaliţie de partide, din care face parte şi Partidul Social Democrat Ceh. Acest partid face presiuni pentru reducerea ritmului privatizării în sectoarele considerate strategice, inclusiv în sectorul energetic. Noul preşedinte al F.P.N., dl. Roman Ceska, declara la sfârşitul anului trecut că vânzarea firmelor de distribuţie a energiei va trebui amânată cu cel puţin un an şi că în orice caz problema nu se pune până la adoptarea unor reglementări precise asupra preţurilor. Pe de altă parte, dl. ministru Vladimir Dlouhy declara, în aceeaşi perioadă, că privatizarea acestor firme trebuie reluată cât mai curând.

Indiferent de evoluţia ulterioară a evenimentelor, este de reţinut faptul că în Cehia s-a reuşit în câţiva ani eliminarea monopolului de stat în sectorul energiei, realizarea competiţiei la producere, şi s-au făcut paşi importanţi pe calea privatizării efective. Statul mai este încă acţionarul pachetului majoritar de acţiuni la CEZ S.A. şi la firmele de distribuţie, dar aceasta este doar o problemă de timp.

Pe fondul reformei prezentate în ziua de 18 noiembrie 1995 a avut loc conectarea sistemului electroenergetic ceh (împreună cu sistemele din Slovacia, Polonia şi Ungaria) la sistemul UCPTE al ţărilor din vestul Europei. Acest lucru rămâne pentru noi încă un deziderat.

Poziţia avansată a Cehiei în ceea ce priveşte integrarea în Uniunea Europeană şi în structurile euro-atlantice apare ca justificată. Fără a intra în detalii, trebuie menţionat că un ritm ridicat al reformei poate fi întâlnit şi în Ungaria şi Polonia, cu efecte pozitive.

În ceea ce priveşte Bulgaria lucrurile stau cu mult mai simplu.

În anul 1991 a fost înfiinţată Compania Naţională de Electricitate, societate pe acţiuni cu capital integral de stat, care cuprindea 10 filiale de centrale electrice, 28 filiale de reţele şi două filiale de construcţii montaj.

În anul 1993 a fost înfiinţat Comitetul pentru Energie, ca organ guvernamental, iar Compania Naţională de Electricitate a fost subordonată acestuia. Se are în vedere pe termen mediu o anumită privatizare, dar în perioada actuală, având în vedere rolul strategic al sistemului energetic naţional, el va rămâne proprietate de stat, monopol integrat orizontal şi vertical. Starea tehnică a instalaţiilor (inclusiv la centrala nucleară de la Kozlodui) este proastă. Sunt aşteptaţi investitori străini, dar aceştia sunt reticenţi. Situaţia economică şi socială dificilă traversată acum de Bulgaria este o consecinţă a întârzierii reformei, inclusiv în sectorul energetic.

3. Reforma sectorului energiei în România

Monopolismul de reţea cu toate atributele sale căpătase dimensiuni aberante în România deceniilor trecute. Se realizase astfel o "reţea alimentară cu consumatori captivi", în care fiecare cetăţean îşi putea cumpăra alimente de bază de la un singur magazin. A apărut astfel firesc ca industria energiei electrice să fie organizată ca un monopol de mari dimensiuni, care a devenit, în 1990, Regie Autonomă de Electricitate.

Necesitatea unei reforme fundamentale a acestui sector, ca parte integrantă a tranziţiei, a fost afirmată în timp de factori de decizie la nivel naţional. Au fost efectuate mai multe studii de echipe de experţi din ţară şi străinătate, începând cu studiul Bossard, EdF, şi până la studiul Bechtel (faza I). În luna mai 1995 guvernul precedent a adoptat "*Strategia de restructurare şi dezvoltare a sectorului energiei electrice şi termice pentru perioada 1995 - 2000*". Această strategie prevedea printre altele:

- introducerea competiţiei în sector;
- necesitatea atragerii de capital străin;
- pregătirea intrării României în Uniunea Europeană (şi în primul rând aderarea la UCPTE);
- îndeplinirea obligaţiilor prevăzute în Tratatul Cartei Europene a Energiei etc.

Pe de altă parte, aceeaşi strategie prevedea transformarea RENEL într-o aşa-numită "Companie Naţională de Electricitate" aflată sub controlul direct al guvernului din numeroase puncte de vedere.

A fost astfel vizibil de la început că această strategie conţine numeroase neconcordanţe interne, care vor împiedica realizarea obiectivelor preconizate. În particular, creşterea aşa-numitei "Companii Naţionale de Electricitate" în forma preconizată este departe de a constitui o modalitate potrivită de dezvoltare a concurenţei şi de atragere a capitalului străin.

Faptul că lucrurile stau astfel este demonstrat de eşecul RENEL în realizarea unuia dintre cele mai importante obiective strategice, şi anume aderarea la UCPTE.

În perioada actuală, România depune eforturi politice imense pentru aderarea la Uniunea Europeană şi integrarea în structurile euro-atlantice. Se pregăteşte integrarea României în CEFTA (Acordul Central European de Comerţ Liber). Sistemul electroenergetic românesc funcţionează însă interconectat cu sistemele Bulgariei, Iugoslaviei, Albaniei şi Greciei, în timp ce sistemele ţărilor CEFTA (Polonia, Cehia, Slovacia, Ungaria) sunt deja racordate din anul 1995 la sistemul vestic. Factori de răspundere din UCPTE declarau recent că în viitorul apropiat se are în vedere conectarea Greciei (ţară membră a U.E.) şi Iugoslaviei, dar aderarea României şi Bulgariei va fi amânată. Dacă acest lucru se va întâmpla în mod real, României

i-ar rămâne două alternative, fiind greu de spus care este mai rea: funcţionarea insulară sau funcţionarea integrată cu sistemele din est. Ambele variante ar avea consecinţe extrem de grave asupra obiectivelor strategice la nivel naţional.

Pot fi aduse argumente că, de fapt, restructurarea RENEL a început din anul 1992, când au fost externalizate trusturile de construcţii - montaj şi continuată ulterior prin alte externalizări (activităţi de construcţii de maşini, reparaţii în centrale şi reţele, studii, proiectare). S-a urmărit, astfel, creşterea eficienţei globale prin promovarea competiţiei în activităţi complementare celei de bază. Dar, în multe cazuri, RENEL şi-a păstrat în continuare structuri proprii (de dimensiuni mai reduse), astfel încât desfăşurarea unei competiţii reale în domeniile respective poate fi pusă sub semnul întrebării. Este în curs de realizare separarea activităţii de transport al energiei electrice de cea de distribuţie şi definitivarea structurilor organizatorice respective. Se are însă în vedere ca acestea să rămână în totalitate în componenţa RENEL.

În aceste condiţii, eficienţa tehnică şi economică a RENEL se menţine la niveluri scăzute, iar situaţia financiară este cea cunoscută. Se menţine centralismul şi lipsa de transparenţă. Afluxul de capital străin este redus. Toate aceste neîmpliniri sunt legate în mod evident de ritmul reformei energiei. Tot ce s-a făcut a fost puţin târziu şi în mod parţial.

Reforma reală în sectorul energiei va trebui în mod practic realizată în viitor. Ea va trebui să conţină următorii paşi importanţi:

- finalizarea externalizării din RENEL a activităţilor suport şi dezvoltarea unei competiţii reale în aceste domenii;
- definitivarea legislaţiei specifice şi înfiinţarea unei instituţii de reglementare;
- promovarea concurenţei în producere prin transformarea în societăţi comerciale a unor centrale electrice (în primul rând a centralelor electrice de termoficare) şi dezvoltarea producătorilor independenţi;
- restructurarea RENEL într-o companie de tip holding, cu centre de afaceri independente în toate domeniile de activitate;
- transformarea acestor centre de afaceri în societăţi comerciale supuse privatizării.

Descentralizarea şi concurenţa vor avea efecte favorabile asupra creşterii eficienţei în instalaţiile proprii şi implicit asupra alimentării cu energie a consumatorilor.

Concluzii

Pe plan mondial se înregistrează tendinţe puternice de reformă a sectorului energiei. Aceste tendinţe contestă structurile clasice de organizare integrată a societăţilor de electricitate şi monopolul lor pe un anumit teritoriu, urmărind realizarea unei pieţe libere. În ţările în tranziţie, reforma acestui sector se desfăşoară în cadrul reformei economice generale. Ţările în care reforma s-a desfăşurat cu o viteză ridicată au înregistrat succese importante: eficienţa economică a crescut, investiţiile străine sunt la nivel ridicat, iar sistemele electroenergetice s-au integrat deja în sistemul vestic (UCPTE).

În România, reforma sectorului energetic s-a desfăşurat într-un ritm scăzut, cu consecinţe nefavorabile. Realizarea sa constituie o problemă importantă şi urgentă în perioada actuală.

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x *Electricity Supply Industry. Qwnership Structure and Regulation in OECD Countries* . Studiu IEA-OECD.

[2] Tenenbaum, B., Lock, R., Barker, J. *Electricity Privatisation - Structural, Competitive and Regulatory Option Energy Policy* (Marea Britanie), decembrie 1992

[3] x x x *Power Supply in Developing Countries: Will Reform Work ?* The World Bank - Industry and Energy Departament - november 1993.

[4] x x x *An Energy Policy for the European Union.* White Paper of the European Commision, January, 1996.

[5] Petrzilka, J., Kopac, P. *Der Stand der Energiewirtschaftlichen Entwicklung unter besonderer Beruecksichtigung des strukturellen Neuaufbaus.* Raport la al 4-lea Seminar privind situaţia energetică în ţările Europei de Est, Zittau (Germania), 2-4 noiembrie 1994.

[6] Ruytschewa, M., Denissjew, M. *Energieverbraunch und Energieversorgung in Bulgarien-Zustand und Perspectiven.* Raport la al 6-lea Seminar privind situaţia energetică în ţările Europei de Est, Zittau (Germania), 4 - 6 noiembrie 1996,

[7] Flevin, Cr., Lennsen, M. *Powering the Future.* Studiu Worldwatch Institute (S.U.A), 1994.

SECTORUL ENERGETIC ÎN ROMÂNIA: REALITĂŢI ŞI PERSPECTIVE

prof. dr. ing. AURELIU LECA
preşedintele Consiliului de administraţie al RENEL

Lucrarea prezintă principalele aspecte tehnice, legislative, organizatorice etc. ale sectorului energiei din România. Pe baza acestora, sunt formulate câteva propuneri pentru acest sector.

În prezent, România nu dispune de o strategie la nivel naţional în domeniul energiei, cadrul legislativ şi de reglementări nu corespunde etapei de evoluţie, cadrul instituţional este ineficient, impactul asupra mediului ambiant nu a reprezentat o preocupare majoră a politicienilor şi factorilor de decizie şi, nu în ultimul rând, ineficienţa energetică a consumatorilor este foarte ridicată.

Ca perspective, România trebuie să adopte principiul dezvoltării durabile, să-şi definească obiectivele strategice în sectorul energiei. Dintre acestea, primul se referă la creşterea eficienţei energetice, care va conduce la mărirea competitivităţii industriei româneşti.

The paper presents the main technical, legislative, organizatoric etc. issues in the energy sector in Romania. On their basis, some proposals are made for the evolution on this sector.

At present, Romania hasn't defined a national strategy in the energy sector, the legislative and regulatory framework does not correspond to the evolution stage, the institutional framework in ineficient, the impact on the environment hasn't represented a major concern for policy makers and decison makers and, not lastly, the inefficiency of energy consumers is very high.

In the perspective. Romania has to adopt the sustainable development principle, it has to define the strategic objectives in the energy sector. From these, the first is increasing energy efficiency which leads to higher competitiveness for the Romania industry.

Descriptori: politici energetice, prognoze, management energetic

Sectorul energetic este de importanţă strategică pentru orice stat, evoluţia socială şi economică depinzând direct de acest sector. Nu se poate concepe o economie modernă, în evoluţie, fără un sector energetic eficient, capabil să asigure şi să susţină cu energie diferitele ramuri economice şi dezvoltarea socială. În marea majoritate a ţărilor europene sectoarele energetice sunt situate în primele trei locuri, ca importanţă naţională. Această ordine ierarhică nu rezultă din aplicarea unor criterii subiective, fiind impusă de situaţia reală de dependenţă a întregii societăţi de sectorul energetic.

Sectorul energetic este format din următoarele subsisteme: resursele energetice primare, producerea, transportul şi distribuţia energiei, consumul de energie. Sectorul energetic are un impact complex asupra mediului ambiant, atât prin emisiile de gaze şi pulberi rezultate din arderea combustibililor, încălzirea apei râurilor, cât şi prin modificarea unor condiţii geomorfologice şi biologice datorate amenajărilor impuse de acest sector (excavări, foraje, baraje, lacuri de acumulare, clădiri industriale, depozite de zgură şi cenuşă, depozite de combustibili solizi şi lichizi, trasee de linii electrice şi conducte etc.) Din această cauză, la elaborarea unei strategii energetice, este obligatoriu să se analizeze întregul lanţ energetic: resurse - producere - transport - distribuţie - consum de energie - mediu ambiant.

Realităţi

Evaluarea situaţiei prezente evidenţiază amploarea şi complexitatea problematicii cu care se confruntă astăzi sectorul energetic în România: absenţa unei strategii energetice naţionale, lipsa legislaţiei energetice, cadrul instituţional slab, procesul avansat de epuizare a rezervelor cunoscute de ţiţei şi gaze naturale, politică inadecvată de preţ al energiei, respectiv preţurile interne ale combustibililor şi energiei sub preţurile internaţionale şi parţial subvenţionate, tehnologii de extracţie vechi, echipamente de producere cu performanţe şi fiabilitate reduse, ineficienţă energetică ridicată pe tot lanţul energetic, sustrageri importante de combustibili şi energie, dificultăţi în alimentarea cu combustibili, energie electrică şi căldură a oraşelor şi unităţilor industriale, export bazat în mare măsură pe produse energointensive (produse metalurgice, aluminiu, ciment, îngrăşăminte chimice), blocaj financiar şi probleme valutare la achiziţionarea combustibilului din import, inclusiv dependenţa de un furnizor extern unic de gaz metan, nivel ridicat de poluare a mediului ambiant, management energetic ineficient, autonomie,

administrativă şi financiară, redusă, bazată pe menţinerea monopolurilor de stat în sectorul energetic etc.

O primă constatare de importanţă deosebită **este lipsa unei strategii energetice naţionale** coerentă cu strategia economică a ţării şi reflectând ansamblul strategiilor subsectoriale pentru cărbune, ţiţei, gaze naturale, energie electrică etc. Absenţa acestei strategii energetice naţionale a condus la o evoluţie inerţială a sectorului energetic după 1989, sector în care nu au pătruns încă în mod convingător principiile economiei de piaţă, fapt care a generat criza energetică din luna februarie 1996, manifestată prin pierderi economice mari (prin întreruperea alimentării cu energie electrică la circa 700 unităţi economice), probleme sociale şi dispute politice.

În al doilea rând, sectorul energetic nu dispune încă de **un cadru legislativ nou şi de reglementări specifice** perioadei pe care o parcurge România, având în vedere că ţara noastră a beneficiat de legi ale energiei foarte bune: cea din 1924 şi, respectiv, cea din 1930. De exemplu, articolul 2 din "Legea energiei", adoptată de Parlamentul României în 1930, stipula: "*Concesiunile şi autorizaţiunile vor fi acordate ţinând seama de cea mai bună utilizare a izvoarelor naturale de energie, din punctul de vedere al intereselor economiei naţionale, de posibilitatea unei conlucrări cu alte instalaţiuni printr-o distribuire a energiei în mod unitar, de întrebuinţare a celor mai bune mijloace pentru evitarea risipei de energie, precum şi de condiţiunile de apărare naţională şi siguranţă publică*". După şapte ani, noua "Lege a energiei" se găseşte astăzi încă într-o formă incipientă.

Cadrul instituţional existent în domeniul energetic poate fi apreciat ca slab şi ineficient. Spre deosebire de majoritatea altor ţări, sectorul energetic în România a fost definit şi tratat în mod impropriu după 1989. În timp ce pentru alte sectoare strategice, precum agricultură, transporturi, comunicaţii, apărare, au fost prevăzute ministere, având obligaţia elaborării strategiei şi politicilor sectoarelor respective, sectorul energetic a avut în această perioadă de timp un cadru neclar, confuz, cu răspunderi distribuite, şi i s-a acordat o importanţă secundară, fiind plasat la nivel de Direcţie Generală în cadrul Ministerului Industriilor.

În contextul actual, **regiile autonome** din sectorul energetic au cadrul legal stabilit prin Legea 15 din 1990, confruntându-se cu probleme similare din punct de vedere instituţional, tehnic, economico-financiar, managerial şi de personal.

Regiile autonome deţin circa 30 % din patrimoniul naţional, iar cele din sectorul energetic (RENEL, ROMGAZ, PETROM, RAL, RAH) păstrează **caracteristicile unui monopol de stat,** şi anume: sunt instituţii protejate (prin statut, tarif, buget, subvenţii, conducere) şi lipsite de transparenţă, recurg la preţuri care să le acopere ineficienţa şi pierderile, interne şi externe, nu admit competiţia, amână restructurarea, nu au nevoie de reclamă pentru produsele lor şi, în fine, generează inflaţie. Aceste regii sunt conduse centralizat, în principal din punct de vedere administrativ şi financiar, de către Ministerul Industriilor şi Ministerul de Finanţe, cu toată ineficienţa şi riscurile specifice deciziilor centralizate.

Regiile autonome din sectorul energetic întâmpină **dificultăţi financiare majore** (surse proprii de finanţare pentru dezvoltare reduse, pierderi pentru neîncasări datorită blocajului financiar, acces greu la resurse valutare, pierderi interne).

În anul 1996, blocajul financiar a atins 17000 miliarde lei (circa 5,5 miliarde dolari SUA), din care circa 20% în cadrul regiilor energetice, cu un termen mediu de recuperare a datoriilor restante de 4 - 6 luni.

Sectorul energetic are **exces de personal**, acesta având în ansamblu o calificare modestă, determinată de lipsa de motivaţie pentru instruirea profesională.

Subevaluarea factorului uman se reflectă astăzi prin diferenţe mari între cultura şi educaţia existente (juridică, financiară, managerială, tehnologică), rezultate ale educaţiei anterioare, şi cultura specifică economiei de piaţă.

Regiile autonome sunt **structuri rigide, rezistente la schimbare;** mulţi factori de decizie sunt conservatori, nedeschişi la principiile economiei de piaţă, controlaţi de teama de schimbare care le poate afecta propria poziţie; multe decizii poartă amprenta unei presiuni sindicale ridicate.

Se constată persistenţa unor **relaţii de tip vechi, cu caracter de monopol producător-consumator** (de energie, combustibil), netransparenţa costurilor, lipsa de respect faţă de clienţi, absenţa unor politici de stimulente şi penalizări, bazate în primul rând pe preţ, lipsa oricăror forme de competiţie.

Absenţa unui sistem sigur de măsură şi control astăzi, preţurile tot mai ridicate ale energiei şi combustibililor au încurajat **sustragerea de energie şi combustibili** la valori mari, acoperite în final de consumatorii plătitori prin preţul de vânzare al furnizorului. Astfel, în anumite situaţii, furnizorii de energie electrică au înregistrat consumuri proprii tehnologice de 25-30% din energia produsă, din care consumurile tehnice reprezintă uzual 6-8%, iar restul energie sustrasă.

Potrivit studiului întocmit, în februarie 1996, de către Bechtel International pentru USAID, la cererea Băncii Mondiale, principalul obstacol de până acum, care trebuie înlăturat, în restructurarea industriei energiei electrice a fost continua utilizare a RENEL de către guvern ca un instrument al politicii sociale şi economice în domeniile de muncă şi ocupaţia forţei de muncă, combustibili, administrarea preţurilor şi a subvenţiilor consumatorilor, controlul fondurilor valutare etc. Toate deciziile privind bugetul, planificarea, investiţiile şi alocaţiile financiare au făcut

obiectul intervenţiei şi aprobării statului. De asemenea, într-o anumită măsură, RENEL a servit drept bancă pentru industrie şi alte întreprinderi proprietate de stat, purtând un volum net substanţial de arierate în cadrul blocajului financiar.

Impactul sectorului energetic (resurse-producere-transport-distribuţie-consum) **asupra mediului ambiant** nu a reprezentat până acum o preocupare majoră faţă de un factor de control cu caracter restrictiv real.

În tabelul 1 se prezintă **comparativ structura balanţei energetice resurse primare de energie-consum** în România pentru anii 1989 şi 1994, care pune în evidenţă valoarea ridicată a resurselor primare de energie consumate, raportate la PIB, mărimea ridicată a importurilor de resurse, ponderea foarte ridicată a industriei în consumul total, neglijarea anumitor sectoare (agricultură, transporturi, populaţie), efectele recesiunii economice. Ca urmare a acestei politici greşite, orientate în special către atragerea de noi resurse de energie pentru susţinerea unei creşteri extensive a consumului, s-a ajuns ca, în anul 1989, România să realizeze un consum de 3,2 tep/locuitor, comparabil cu consumul ţărilor puternic dezvoltate economic (3,4 tep/locuitor, media ţărilor comunitare) şi chiar mai mare decât al unora dintre aceste ţări, cum sunt: Austria (2,87 tep/locuitor) şi Italia (2,66 tep/locuitor).

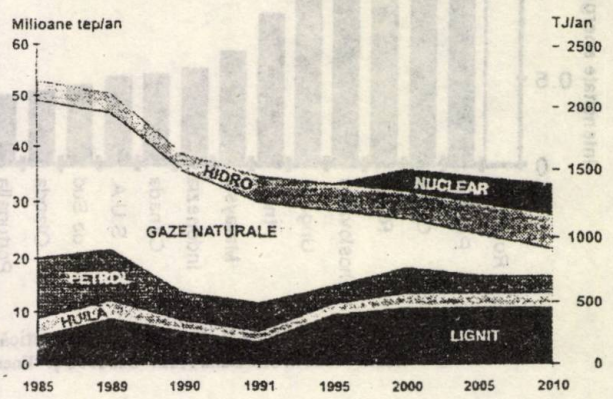
Tabelul 1

Balanţa energetică resurse consum a României pentru anii 1989 şi 1994

Denumirea	1989		1994	
	Mii tep	%	Mii tep	%
Resurse	**93358**	**100**	**54273**	**100**
din care:				
• Producţie din ţară	54487	58,4	33938	62,5
• Import	34127	36,5	16679	30,7
Destinaţii	**93358**	**100**	**54273**	**100**
din care:				
• Consum	73028	78,2	40754	75,1
din acesta:				
⇒ Agricultură şi silvicultură	3002	3,2	1168	2,2
⇒ Industrie	56313	60,3	25513	47,0
⇒ Construcţii	1230	1,3	563	1,0
⇒ Transporturi şi comunicaţii	2851	3,1	3702	6,8
⇒ Consumul populaţiei	6738	7,2	8361	15,4
• Export	13653	14,6	5405	10,0
• Pierderi	3083	3,3	3449	6,4

Sursa: Comisia Naţională pentru Statistică, *Anuarul Statistic al României.*
1 tep (tonă echivalent petrol) =10,3 Gcal

România dispune încă de o diversitate de **resurse primare de energie,** proprietatea statului: ţiţei, gaze naturale, cărbune (huilă, lignit), uraniu, resurse hidroenergetice, ape geotermale etc. Până la jumătatea deceniului al şaptelea, România a fost o ţară exportatoare de resurse primare de energie, dispunând de rezerve apreciabile de ţiţei şi gaze naturale de foarte bună calitate. După 1950 însă, exploatarea brutală, în detrimentul ţării, a zăcămintelor de ţiţei, gaze naturale şi uraniu, împreună cu industrializarea forţată, a transformat România, după 1975, într-un importator net de energie, pe fondul unui **proces evolutiv de epuizare a rezervelor cunoscute de hidrocarburi** în următorii circa 15 ani, potrivit unor estimări ale Băncii Mondiale. În figura 1 se prezintă producţia şi prognoza producţiei de resurse interne de energie primară.



Sursa: Institutul de Studii şi Proiectări Energetice.
Fig. 1. Evoluţia şi prognoza evoluţiei resurselor energetice primare în România.

Calitatea consumului de energie este apreciată cu ajutorul **eficienţei energetice,** reprezentând o componentă determinantă a eficienţei economice şi definită prin creşterea efectului util obţinut prin consumul unei forme de energie pentru asigurarea unui serviciu la un consumator final. Îmbunătăţirile în eficienţa energetică reprezintă orice măsură care are drept rezultat furnizarea unui serviciu energetic cu o reducere în consumul de energie. Parametrul utilizat în mod curent pentru caracterizarea eficienţei energetice este **intensitatea energetică,** definită ca raportul dintre consumul de resurse energetice şi produsul intern brut (PIB) aferent.

În figura 2 se prezintă comparativ intensitatea energetică în 27 de ţări la nivelul anului 1990. **Valoarea deosebit de ridicată a intensităţii energetice în România are drept cauze principale:**

a - subvenţionarea sectorului energetic şi preţurile coborâte şi false ale combustibililor şi energiei, practicate încă din perioada în care România se putea considera o ţară bogată în resurse energetice;

b - structura industriei bazată pe ramuri puternic energointensive (metalurgie, inclusiv aluminiu, chimie - îngrăşăminte, materiale de construcţii - ciment);

c - pierderile energetice mari pe întregul lanţ energetic (producere-transport-distribuţie-consum);

d - absenţa legislaţiei şi a unor reglementări care să stimuleze economia de energie şi, în primul rând, lipsa unei politici tarifare.

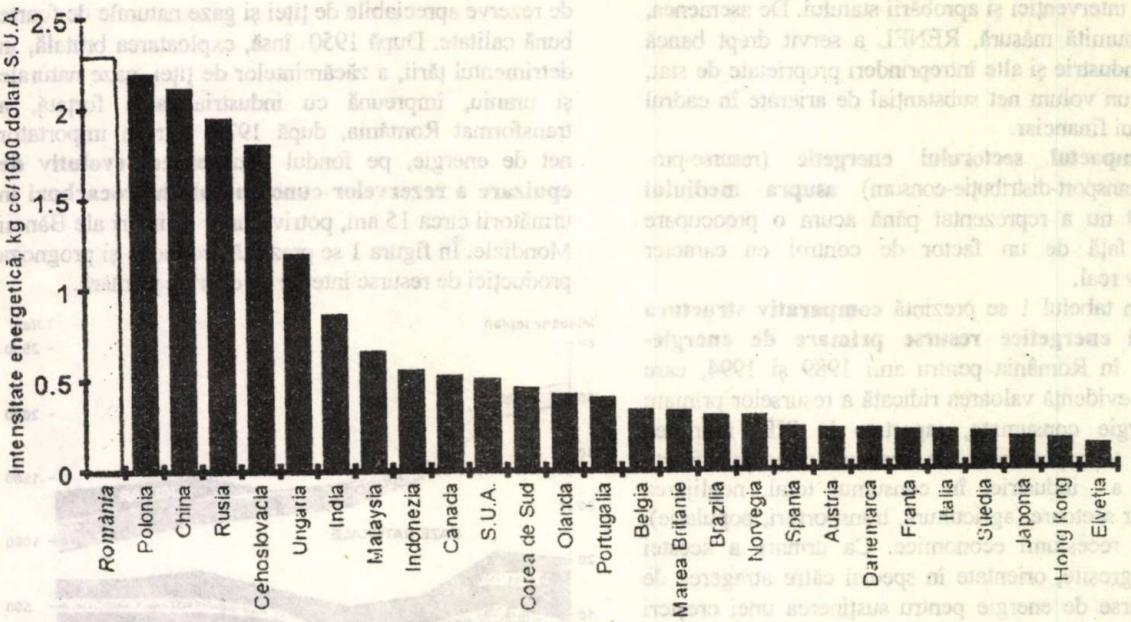


Fig. 2. Intensitatea energetică în unele ţări în anul 1990.
Sursa : "The World Bank Atlas" din 1992 şi "Energy Statistics" al Biroului de Statistică al ONU.

Recesiunea economică din România a avut ca efect creşterea intensităţii energetice, în contextul în care restructurarea economiei se dovedeşte a fi un proces complex şi dificil. **Industria**, fiind cel mai mare consumator de energie, dar şi cu ponderea cea mai mare în PIB, **constituie principalul factor de influenţă al intensităţii energetice.** În prezent, intensitatea energetică a industriei româneşti este apreciată a fi de 2,5-3 ori mai ridicată faţă de standardele internaţionale. În acelaşi timp, **România a importat şi continuă să importe resurse energetice primare în valoare de cel puţin 1,5 miliarde dolari SUA anual,** în contextul unor dificultăţi valutare deosebite.

Ineficienţa energetică are cauze multiple. Multe întreprinderi industriale româneşti se confruntă cu numeroase probleme, precum: practici de întreţinere şi exploatare de calitate scăzută; lipsa purtătorilor de energie; necesitatea reabilitării echipamentelor energetice (cazane energetice, cuptoare, motoare electrice, pompe, compresoare, ventilatoare, schimbătoare de căldură etc.); materiale termoizolante şi de construcţii necorespunzătoare; lipsa sistemelor de contorizare, evidenţă contabilă şi supraveghere. Unul din obstacolele principale care împiedică modernizarea şi eficientizarea echipamentelor energetice îl constituie lipsa de informaţii şi experienţă privind cele mai bune metode practice de finanţare a eficienţei energetice, management energetic şi tehnologii eficiente energetic. **Agenţia Română pentru Conservarea Energiei** (ARCE), înfiinţată în 1990 şi încorporată în Ministerul Industriilor, care are drept obiect de activitate gestionarea problemelor de mai sus, s-a dovedit a avea rezultate practice nesemnificative.

Eficienţa energetică este cea mai uşor disponibilă, cea mai puţin poluantă şi cea mai ieftină resursă dintre toate resursele energetice existente.

O recentă masă rotundă, organizată în cadrul Conferinţei Naţionale a Energiei din septembrie 1996, a evidenţiat două concluzii importante: *prima se referă la faptul că România se găseşte în faţa unei crize energetice de amploare, care se manifestă printr-un dezechilibru major între resurse, capacităţi şi consum, şi a doua arată că România nu îşi mai poate permite să amâne alinierea preţurilor energiei la preţurile internaţionale, fără a nu periclita dezvoltarea, economică şi socială, viitoare a ţării.*

Perspective

Adoptând în energetica românească **principiul dezvoltării durabile,** recomandat de O.N.U., în scopul asigurării unor servicii energetice de calitate, sigure şi la preţuri accesibile pentru toţi consumatorii, în condiţiile echităţii între generaţii şi îmbunătăţirii măsurilor de protecţie a mediului înconjurător, se conturează următoarele **patru obiective principale ale strategiei energetice în România:**

1 - creşterea eficienţei energetice pe tot lanţul resurse - producere - transport - distribuţie - consum de energie;

2 - reconsiderarea capacităţilor de producţie existente şi a celor aflate în construcţie şi stabilirea tendinţelor de evoluţie a acestora;

3 - reconsiderarea şi diversificarea bazei de resurse primare, modificarea structurii producerii şi a consumului de energie în funcţie de aceasta;

4 - reducerea impactului activităţilor energetice asupra mediului înconjurător, şi
trei obiective suport ale strategiei energetice:
5 - crearea unui mecanism economico-financiar adaptat la cerinţele economiei de piaţă;
6 - dezvoltarea unui cadru legislativ corespunzător funcţionării eficiente a sectorului energetic;
7 - crearea cadrului instituţional care să permită conceperea, urmărirea, implementarea şi coordonarea politicii sectorului energetic.

Având în vedere importanţa strategică a sectorului energetic, ca parte din infrastructura naţională, este necesară înfiinţarea de urgenţă a unui **cadru instituţional adecvat (Ministerul Energiei şi Resurselor Energetice sau, alternativ, Departamentul Energiei şi Resurselor Energetice),** având **trei obiective principale:** *elaborarea strategiei energetice a României, promovarea legislaţiei şi coordonarea restructurării sectorului energetic în toate componentele sale.* Înfiinţarea acestei instituţii trebuie însoţită de crearea unui **organism de reglementare,** care să stabilească regulile specifice funcţionării sectorului şi corectitudinea aplicării acestora.

Aceeaşi urgenţă este necesară în elaborarea şi aplicarea **legislaţiei energetice,** *care să statueze* **principii noi,** *precum: demonopolizarea, concurenţa, prezenţa capitalului privat în sectorul energetic, stimularea eficienţei energetice, securitatea energetică naţională.*

Pentru România, rezolvarea situaţiei energetice deficitare trebuie să constituie o prioritate, iar în cadrul acestei priorităţi **creşterea eficienţei energetice trebuie să reprezinte soluţia principală.** Creşterea eficienţei energetice, care reprezintă producerea de bunuri şi prestarea serviciilor solicitate cu consum de energie cât mai redus, va duce la mărirea competitivităţii industriei româneşti şi la ridicarea nivelului de viaţă, la reducerea necesităţii de a importa combustibili, la reducerea poluării, locale şi globale, a mediului înconjurător şi va ajuta la crearea de noi locuri de muncă în ramurile industriale eficiente energetic. Având în vedere importanţa eficienţei energetice în cadrul reformei economice din România şi ţinând seama de barierele întâlnite în calea dezvoltării condiţiilor proprii economiei de piaţă în acest domeniu, este vitală necesitatea ca guvernul să stabilească un **Program naţional de eficienţă energetică** şi de alocare de resurse financiare iniţiale stimulatorii. Programul naţional va stimula activitatea de piaţă în domeniul eficienţei energetice printr-un număr de componente, incluzând: proiecte demonstrative, un program de monitorizare şi selectare a lucrărilor, un program de conştientizare a managerilor întreprinderilor, un program de dezvoltare a competenţei în managementul energetic pentru personalul tehnic, energetic şi economic, un program de catalizare a investiţiilor interne şi locale.

Potenţialul de economisire a energiei este apreciat a fi deosebit de ridicat, şi anume de circa 15 %, pentru măsurile fără cheltuieli, şi în jur de 50 %, pentru măsurile cu cost scăzut şi cost ridicat, cu durate reduse de recuperare a investiţiilor (cu o medie de trei ani) şi cu rate de rentabilitate ridicate, de peste 20 %. Coordonarea şi finanţarea parţială a Programului naţional de eficienţă energetică trebuie asigurate de către **Agenţia Română pentru Conservarea Energiei (ARCE),** dar numai după restructurarea şi plasarea acesteia sub autoritatea directă a Guvernului, ca o instituţie cu autonomie administrativă şi financiară, cu buget adecvat de funcţionare şi intervenţie, dispunând de personal calificat şi motivat.

În politica de retragere a subvenţiilor şi de aliniere a preţurilor combustibililor şi energiei la nivelurile internaţionale, sunt necesare **stabilirea de către guvern, şi comunicarea publică, a evoluţiei previzibile a preţurilor combustibilior şi energiei pentru următorii 3-4 ani,** în vederea determinării rentabilităţii proiectelor de investiţii energetice. Acest lucru va avea două efecte benefice: pe de o parte, va stimula atragerea capitalului privat, intern şi extern, în investiţii în sectorul de furnizare a energiei şi combustibililor, şi, pe de altă parte, va încuraja investiţiile în proiecte de eficienţă energetică la consumatori.

Protecţia socială, în special a categoriilor defavorizate ale populaţiei, faţă de preţurile ridicate ale serviciilor energetice, trebuie asigurată nu atât prin subvenţii la plata consumului, cât mai ales prin subvenţii ale statului, utilizate pentru reducerea pierderilor existente foarte mari, de căldură, energie electrică, combustibili şi apă, din sectorul casnic.

Restructurarea regiilor autonome energetice (ROMGAZ, RAL, RAH, PETROM, RENEL) reprezintă în continuare un proces complex şi de durată, care, între altele, trebuie să cuprindă următoarele acţiuni şi etape: auditarea, economică şi financiară, în vederea determinării costurilor reale, înfiinţarea de centre de cost, introducerea competiţiei interne şi coborârea responsabilităţilor adecvate la niveluri inferioare, creşterea în mod real a autonomiei administrative şi financiare, reducerea şi/sau închiderea capacităţilor neeconomice şi externalizarea tuturor activităţilor suport şi nespecifice, măsuri care să conducă la acoperirea costurilor prin preţ, în paralel cu reducerea subvenţiilor, ridicarea capacităţii manageriale a personalului de conducere şi reconsiderarea importanţei complexe acordate factorului uman etc.

În cazul special al **regiilor autonome RENEL şi ROMGAZ,** pe lângă acţiunile de mai sus, se recomandă următoarele: adoptarea planificării integrate a resurselor, ca metodă modernă de planificare, prin care se evaluează în mod egal, atât opţiunile de furnizare, cât şi cele de consum; introdu-

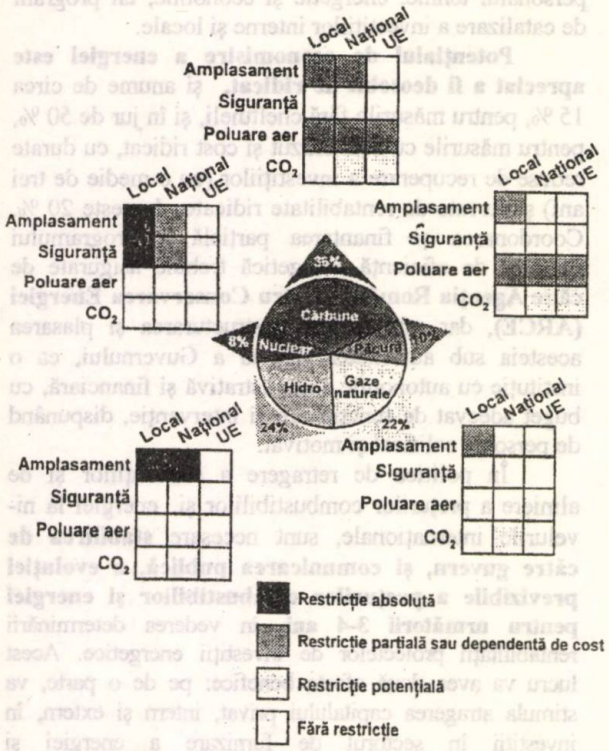


Fig. 3. Restricțiile de mediu ambiant și opțiunile pentru resurse energetice în cazul României.

cerea managementului utilizării energiei, prin care furnizorul investește la consumator în proiecte de eficiență energetică; încurajarea formării de companii de servicii energetice în vederea stimulării creșterii eficienței energetice la consumatori; pregătirea și trecerea în timp a centralelor de termoficare urbană în responsabilitatea municipalităților, pornind de la premisa că energia termică se produce și se consumă local; perfecționarea cadrului legal de funcționare a Consiliului de Administrație și separarea funcțiilor de președinte și director general, pentru mai buna definire a competențelor și responsabilităților; măsuri reale de restructurare și demonopolizare, ca, de exemplu, cele recomandate de studiul Bechtel pentru Banca Mondială (adaptarea pentru RENEL a opțiunii de "cumpărător unic", care prevede introducerea competiției la generare și crearea unei entități intermediare, independente și reglementate, ca singur cumpărător și vânzător de energie electrică) etc.

Industria energetică (exploatări miniere și petroliere, centrale electrice etc.) reprezintă o sursă principală de **poluare a mediului ambiant,** dependentă direct de tipul resursei energetice primare folosite (fig. 3). În acceptul dezvoltării durabile, acest lucru va trebui să aibă o **pondere legală** deosebită în elaborarea strategiei sectorului energetic, prin evaluarea și considerarea la analiza soluțiilor energetice a costului impactului acestora asupra mediului înconjurător (reflectată prin prevederea în costurile energiei a efectelor ambientale, de exemplu, sub forma taxelor de mediu).

Ultimul, dar nu cel mai puțin important, **dialogul transparent administrație-sindicate** este de importanță crucială pentru reușita sau pentru frânarea și compromiterea reformei și restructurării sectorului energetic. Acest dialog trebuie să clarifice și să apropie pozițiile reciproce ale celor doi parteneri sociali față de **singura soluție viabilă,** în vederea refacerii economice și sociale a României și a aderării acesteia în perspectivă la Uniunea Europeană: demonopolizare, competiție, prețuri reale și privatizare, în comparație cu alternativa: monopol, subvenții, prețuri false și proprietate de stat. Totodată, considerând excesul de personal existent astăzi, trebuie identificate soluții acceptabile de protecție socială și reconversie profesională.

Căile de rezolvare a ineficienței existente în sectorul energetic vor trebui abordate în *următoarea ordine de prioritate* economică:

- măsuri organizatorice, **fără costuri:** promovarea unui cadru legislativ și instituțional adecvat economiei de piață, a competiției și capitalului privat, a tehnicilor manageriale moderne;
- măsuri care necesită **costuri reduse:** instruirea personalului, în primul rând a celui de conducere, introducerea aparaturii de măsură și control, a automatizării, informatizării;
- măsuri care presupun **costuri ridicate:** reabilitare, retehnologizare, introducerea tehnologiilor avansate.

Reamintind o afirmație recunoscută prin înțelepciunea ei, și anume că **nu energia este scumpă, ci lipsa de energie,** se poate spune, mai ales în domeniul energiei, că **viitorul nu este o lume către care ne îndreptăm, ci una pe care o construim.**

PRIORITĂŢI DE REGLEMENTARE ÎN INDUSTRIA ENERGIEI ELECTRICE ŞI TERMICE, ÎN CONTEXTUL ROMÂNESC ŞI AL POLITICII UNIUNII EUROPENE

dr. ing. NICOLAE LICIU
Ministerul Industriilor

"One never notices what has been done; one can only see what remains to be done"
Marie Curie

După ruptura de sistem din 1989, se impuneau modificări esenţiale şi rapide în legislaţia energetică a ţării, necesitate amplificată ulterior de obiectivul strategic al României de integrare în structurile euro-atlantice.

În acest cadru, lucrarea prezintă dilemele apărute în procesul de elaborare a noii legislaţii energetice, armonizate cu Uniunea Europeană, realizările şi neîmplinirile înregistrate.

Se insistă pe priorităţile actuale, în primul rând pe definitivarea proiectului de lege a energiei electrice şi termice, în contextul accelerării şi adâncirii procesului de restructurare şi reformă a sectorului energetic din ţara noastră.

The new political regime imposed in 1989 required essential and quick amendaments to the power sector related Romanian legistation, a neccessity which subsequently become more and more acute whem the problem of the Romania integration into the Euro-Atlantic structures arose.

The paper presents the issues that had to be considered during the process of drawing of the new power legislation which had to be consistent with the EU one, as well as the recorded achievements and failures.

The paper focuses on one of the present priorities, namely concluding the process of drawing up the draft electric and thermal power Law in the content of speeding up and widening the restructuring and reform of the Romanian power sector.

Descriptori: reglementări, legislaţie, politici energetice

Momentul de ruptură de sistem, reprezentat de anul 1989, şi-a pus o amprentă puternică şi în plan legislativ.

Analiza situaţiei legislaţiei energetice din România după acel moment a arătat că se impuneau modificări esenţiale şi rapide în acest domeniu.

Practic, doar unele fragmente ale actelor normative anterioare puteau fi considerate corespunzătoare pentru noua realitate economico-socială a ţării (o serie de normative, prescripţii, instrucţiuni, în general reglementări cu caracter tehnic).

Alte acte normative existau, dar era necesar să fie mai mult sau mai puţin revizuite, pentru a fi adaptate transformărilor rapide din societatea românească. Ca exemplu se poate menţiona *Regulamentul de furnizare şi utilizare a energiei electrice*, adoptat în 1968 prin Hotărâre de Guvern, care impunea schimbări de esenţă.

Dar situaţia cea mai dificilă provenea din faptul că, în condiţiile trecerii de la economia de comandă la un stat de drept, lipseau reglementări cu caracter de lege pentru energia electrică, energia termică, pentru petrol, ape , mine etc., nu erau adoptate încă legi privind alte domenii, dar cu influenţe importante asupra sectorului energetic (legea exproprierii, a investiţiilor străine, legea concurenţei, mediului etc.). Nu existau regulamente adecvate de furnizare şi utilizare a energiei electrice, energiei termice şi gazelor naturale, lipseau reglementările necesare privind conservarea energiei, dezvoltarea în siguranţă a energeticii nucleare, promovarea surselor regenerabile de energie şi altele.

În aceste condiţii, la care se adaugă o insuficientă experienţă juridică specifică economiei de piaţă şi chiar o lipsă efectivă de jurişti, procesul legislativ a început dificil, cu ezitări şi chiar reveniri. Activitatea de reglementare s-a desfăşurat paralel şi intercondiţionat cu procesul politic de reorganizare a economiei, de creare a unor noi structuri şi a societăţii civile, cu evoluţia generală a societăţii româneşti.

Ulterior, obiectivul strategic de integrare a României în structurile euro-atlantice a dat o dimensiune nouă, mai amplă, procesului legislativ, prin necesitatea armonizării legislaţiei din ţara noastră cu cea din Uniunea Europeană şi alte organisme internaţionale.

Astfel, componenta legislativă, împreună cu dezvoltarea noilor instituţii şi structuri organizatorice, ca rezultat al restructurării şi privatizării în sectorul energetic, reprezintă pentru ţara noastră instrumente esenţiale în managementul procesului de reformă al domeniului, pentru trecerea la o economie de piaţă prosperă şi integrarea în structurile euro-atlantice.

1. Consideraţii introductive

Conform dicţionarului Larousse, prin "legislaţie" se înţelege un ansamblu de legi, de dispoziţii legislative ale unei ţări sau privind un anume domeniu (în cazul de faţă, legislaţia energetică). Iar "*legea* - spunea Aristotel - ***este o formă a ordinii, şi o lege bună trebuie în chip necesar să însemne o ordine bună***".

Din punctul de vedere al bunei funcţionări şi dezvoltări a energeticii unei ţări, este important nu numai să se creeze o legislaţie adecvată, ci şi să se asigure respectarea acesteia, ceea ce presupune existenţa unor instituţii de drept corespunzătoare şi formarea unei societăţi civile, bazată pe înalt spirit civic şi organizaţii neguvernamentale , menite să supravegheze interacţiunea corectă a sistemelor legislative şi judecătoresc.

Să nu uităm că, dacă Euripides spunea "***Nu există ceva mai bun pentru un stat, decât legi bine alcătuite***", *Thucydides adăuga* "***Un stat care se foloseşte de legi rele, dar respectate, stă mai presus de acela care are legi bune, dar neţinute în seamă***".

În acest context, managementul trebuie să evalueze care este "pachetul legislativ" necesar în ţara respectivă într-o anume etapă şi să contribuie apoi la crearea şi aplicarea sa în energetică, corelat cu înfiinţarea şi dezvoltarea instituţiilor şi, în general, cu evoluţia sistemelor politic, economic şi social din stat. Desigur, legislaţia energetică trebuie abordată în concordanţa cu evoluţia de ansamblu a legislaţiei ţării.

Legislaţia energetică conţine o legislaţie de tip primar, care legiferează în primul rând principii, şi o legislaţie de tip secundar, respectiv hotărâri şi reglementări, care specifică modul în care principiile legiferate vor fi interpretate şi aplicate.

Este nevoie de ambele categorii, dar în situaţia României după anul 1989, când, în mod firesc, a fost necesar să se schimbe fundamental legislaţia existentă, s-a considerat necesar, nu în ultimul rând din raţiuni de durată a elaborării şi adoptării, să se dea prioritate elaborării unei legislaţii de tip primar, cu unele elemente de tip secundar, urmând ca, ulterior, să se întocmească reglementările detaliate din cea de a doua categorie.

O altă problemă care se pune atunci când se doreşte elaborarea unei legi într-un anumit domeniu constă în tipul de lege necesar. Din acest punct de vedere, Constituţia României tratează, în articolul 72, categoriile de legi ce pot fi adoptate de Parlament: legi constituţionale, legi organice şi legi ordinare, precizând pentru fiecare domeniile pe care acestea le reglementează şi procedurile de adoptare.

Astfel, aspectele de proprietate asupra resurselor naturale şi pământului sunt tratate chiar în Constituţia României, iar esenţa legislativă privind, spre exemplu, domeniul energiei electrice şi termice trebuie să se regăsească într-o lege organică. Ratificarea unor tratate (spre exemplu, a Tratatului Cartei Energiei) se face printr-o lege ordinară.

În procesul de elaborare a noii legislaţii energetice din România, după 1989, s-a pus şi întrebarea: ce fel de prevederi trebuie să conţină aceasta? Să se includă doar prevederile de tip "hard law" (care instituie obligaţii ferme) sau să se introducă şi prevederi de tip "soft law" (care enunţă principii şi posibilităţi), precum şi declaraţii de "goodwill intentions"? Ţinând seama de necesitatea includerii în legislaţia energetică românească a prevederilor din Tratatul Cartei Energiei, din alte documente juridice internaţionale, la care România este parte, documente care conţin numeroase prevederi de tip soft law şi declaraţii de goodwill intentions, s-a considerat necesară introducerea tuturor categoriilor de prevederi.

În mod evident, realizarea noii legislaţii energetice româneşti impune luarea în considerare atât a surselor de drept intern, cât şi a surselor de drept internaţional.

În ceea ce priveşte relaţia dintre dreptul internaţional şi dreptul intern, Constituţia României, în articolul 11, stipulează:

✓ Statul român se obligă să îndeplinească întocmai şi cu bună credinţă obligaţiile ce-i revin din tratatele la care este parte.

✓ Tratatele ratificate de Parlament, potrivit legii, fac parte din dreptul intern.

Aşadar, acesta este cadrul în care trebuie să fie concepută şi să se realizeze armonizarea legislaţiei energetice româneşti cu cea internaţională, obiectiv esenţial în procesul integrării ţării noastre în Uniunea Europeană şi în alte organisme internaţionale.

În elaborarea legislaţiei energetice, atât interne, cât şi internaţionale, este necesar să se ţină seama de principiul subsidiarităţii, care, în dreptul administrativ, duce la delegarea pe verticală a răspunderilor.

În consecinţă, într-un sistem de legislaţie energetică trebuie incluse atât legile, cât şi hotărârile de guvern, standardele, normativele, celelalte reglementări.

În procesul de legiferare a unui domeniu, structura legislaţiei elaborate depinde, desigur, de condiţiile concrete din sectorul respectiv şi de etapa de realizare a procesului. Astfel, după 1989, legat fiind de faptul dacă să se elaboreze o singură lege a energiei (aşa cum au fost legile din 1924 şi 1930) sau să se adopte legi distincte pentru diferite sectoare din energetică, s-a optat pentru a două soluţie, pe de o parte, datorită creşterii complexităţii problematicii necesar a fi legiferate, dar şi, nu în ultimul rând, din considerente de timp, ideea fiind că unele dintre aceste legi ar putea fi elaborate mai rapid, umplând astfel parţial vidul legislativ existent. Desigur, aceasta nu exclude posibilitatea ulterioară de conexare a acestor legi cu specific energetic într-o singură lege a energiei.

În mod similar, s-a pus problema dacă să se elaboreze legi separate pentru energiile electrică, respectiv termică sau o singură lege. S-a considerat că mai potrivită pentru situaţia actuală din România, care are o mare dezvoltare a termoficării industriale şi urbane, elaborarea unei singure legi a energiei electrice şi termice (dar, problema nu este încă închisă, legea respectivă fiind în stadiu de proiect). De menţionat că, din ţările Uniunii Europene (UE) doar Danemarca are o lege specială pentru energia termică, având însă în congenerare circa 40 % din puterea instalată.

2. Situaţia legislaţiei energetice pe plan internaţional

În analiza legislaţiei energetice pe plan internaţional trebuie inclusă atât legislaţia din diferite state străine, cât şi tratatele, celelalte documente cu caracter juridic la care aceste ţări sau grupuri ale lor sunt parte.

În ceea ce priveşte legislaţia statelor, aceasta depinde de numeroşi factori, dintre care menţionăm: sistemul politic şi economico-social, nivelul de dezvoltare al ţării, rolul guvernului în statul respectiv, caracteristicile energeticii şi filiaţia generală a legislaţiei din ţara analizată (drept latin, anglo-saxon, american etc.).

În ceea ce priveşte rolul guvernelor, acesta evoluează la rândul său, funcţie de etapa istorică traversată, de alţi factori [1]. Spre exemplu, după primul şoc petrolier, în statele occidentale, rolul guvernelor în managementul energeticii a fost sporit, în timp ce în prezent, când problemele de securitate a alimentării cu energie au reintrat sub control, piaţa energetică se liberalizează şi rolul guvernelor se reduce.

Revenind la legislaţia unei ţări şi luând spre exemplu cazul SUA [2] se poate cu uşurinţă constata că aceasta corespunde tradiţiilor şi nivelului de dezvoltare economico-socială, instituţională ale statului respectiv, iar simpla copiere a unei astfel de legislaţii de către o ţară în tranziţie ar fi contraproductivă.

De aceea, pentru România, în afara problematicii interne, principala sursă de inspiraţie legislativă în actuala etapă trebuie să fie legislaţia din Uniunea Europeană - atât la nivel comunitar, cât şi la nivel naţional, precum şi din statele europene în tranziţie, mai ales dacă acestea sunt mai avansate în procesul de armonizare a legislaţiei lor cu cea a statelor membre ale Uniunii Europene.

2.1. Legislaţia Uniunii Europene în domeniul energiei

În peste 20 de ani, Consiliul de Miniştri al Comunităţii Europene şi mai târziu al Uniunii Europene, ca şi Înalta Autoritate a Tratatului Cărbunelui şi Oţelului şi Consiliul Tratatului EURATOM au adoptat un număr de reglementări şi măsuri privind politica sectorului energetic din ţările membre.

Integrarea ţărilor din Europa Centrală şi de Est (CEEC) în piaţa energetică europeană implică faptul că aceste ţări se subscriu la principiile de bază incluse în acel "Acquis communautaire", adică în setul de principii şi reguli la care, după evoluţia de până acum, au ajuns în consens ţările din Uniunea Europeană. Modul în care această acceptare este transpusă în obligaţii concrete, inclusiv eşalonarea acestora în timp, este desigur o problemă de negocieri diplomatice.

Deşi există opinii în sensul că extinderea Uniunii Europene (UE) de la 15 la 25 membri nu se poate realiza cu menţinerea aceloraşi structuri instituţionale, norme şi proceduri în UE, până în prezent acest principiu este considerat obligatoriu de către UE pentru viitorii membri. Desigur, se aşteaptă ca la încheierea, estimată pentru acest an, a Conferinţei Interguvernamentale, începută în 29 martie 1996 la Torino şi menită să revizuiască Tratatul de la

Maastricht, cheia de boltă a actualei UE, să se dea un răspuns nou, mai adecvat aplicării principiului respectării integrale a ansamblului denumit "acquis communautaire".

Principiile de bază din Tratatele de la Roma (pentru Comunitatea Economică Europeană, dezvoltat prin Tratatul de la Maastricht pentru Uniunea Europeană) şi Paris (pentru Comunitatea Europeană a Cărbunelui şi Oţelului) (ECSC), ca şi din tratatul EURATOM prevăd libera circulaţie a bunurilor, persoanelor, capitalului şi serviciilor, interzicând discriminarea împotriva persoanelor şi întreprinderilor străine.

Energia electrică

A fost necesar un timp îndelungat pentru ca UE şi predecesoarea sa (EEC) să decidă asupra considerării energiei electrice ca marfă sau serviciu şi, în consecinţă, să o încadreze în piaţa liberă pentru mărfuri sau pentru servicii. În final, s-a decis că aceasta (cu unele excepţii) trebuie tratată ca o marfă.

Stabilirea unei pieţe interne a energiei electrice a fost reglementată prin Directiva semnată de miniştrii energiei din ţările membre ale UE, în 20 iunie 1996, la Luxemburg.

Crearea unei pieţe interne a energiei electrice este importantă mai ales pentru creşterea eficienţei producerii de energie electrică şi întărirea siguranţei în alimentare în UE. În acest mod, toţi consumatorii vor putea cumpăra energie electrică în condiţii egale, evitându-se astfel distorsionarea competiţiei în industriile utilizatoare. Crearea pieţei energiei electrice în Europa va favoriza interconectarea sistemelor energetice.

Pe de altă parte, stabilirea unei pieţe a energiei electrice în UE este prevăzută a se realiza progresiv, pentru a permite industriei să se adapteze în mod corespunzător acestei noi situaţii (prin scăderea nivelului de consum pentru consumatorii eligibili de la 40 GWh/an în 1997 la 20 GWh/an în 2000 şi 9 GWh/an în anul 2003, ceea ce înseamnă liberalizarea pieţei energiei electrice, de la o pondere de 22,5 % la 28,5 % şi respectiv 32 %).

Alte aspecte importante ale dreptului comunitar vizează:

- obligaţia menţinerii unor stocuri minime de combustibil în termocentrale (care să permită 30 de zile de producere a energiei electrice);
- obligaţia unor informări anuale privind proiectele de investiţii (pentru termocentralele de minimum 200 MW, hidrocentralele de minimum 50 MW şi liniile de transport peste 345 kV);
- reglementări privind structurile de tarife pentru energia electrică;
- restricţii privind utilizarea produselor petroliere în termocentrale.

În domeniul *energiei nucleare* sunt avute în vedere:

- măsuri de securitate pentru protecţia secretelor EURATOM;
- reglementări privind furnizarea de minereuri şi materiale fisionabile;
- măsuri de securitate în producerea, utilizarea, transporul şi comerţul de materiale nucleare;
- reglementări privind managementul şi depozitarea deşeurilor radioactive;
- măsuri privind siguranţa nucleară şi informarea publicului despre protecţia sănătăţii în caz de urgenţă radiologică;
- reglementări privind instrumentele financiare de stimulare a construirii de centrale nucleare.

În domeniul *utilizării raţionale a energiei, surselor regenerabile de energie, tehnologiei şi standardizării energetice* sunt de menţionat următoarele:

- După primul şoc petrolier, în 1976, Comunitatea Europeană a stabilit un program de acţiuni pentru utilizarea raţională a energiei. S-au recomandat măsuri privind: izolarea termică a clădirilor, sistemele de încălzire a clădirilor existente, consumul de energie al aparatelor electrocasnice şi altele. Ulterior, s-au stabilit măsuri privind: reglajul încălzirii spaţiilor, producerea de apă caldă menajeră, măsurarea căldurii în clădirile noi şi raţionalizarea energiei în întreprinderile industriale.

În 1978 au fost emise Directive privind: performanţele generatoarelor de căldură pentru încălzirea spaţiilor şi producerea de apă caldă în clădirile industriale existente şi noi, izolarea distribuţiei de căldură şi apă caldă în clădirile neindustriale, indicarea prin etichetare a consumului de energie a aparatelor casnice, inclusiv a cuptoarelor electrice.

Din 1989 şi 1991 au fost lansate Programele de acţiuni ale Comunităţii pentru îmbunătăţirea eficienţei utilizării energiei electrice (Programul PACE) şi, respectiv, pentru promovarea eficienţei energetice (Programul SAVE).

Reglementările din Programul PACE vizează informarea consumatorilor, consilierat tehnic, ajutor financiar, realizarea de proiecte demonstrative şi de cercetare.

Obiectivele Programului SAVE au fost prevăzute a se realiza prin:

- măsuri financiare şi de impozitare; promovarea finanţării celei de a treia părţi, planificarea

la cost minim şi managementul cererii de energie, elaborarea unor planuri energetice la scară naţională, impozite şi alte pârghii;

- măsuri privind îmbunătăţirea comportamentului consumatorului, furnizarea de informaţii şi training în utilizarea eficientă a energiei.

În ultimii ani au fost emise noi Directive vizând eficienţa boilerelor pentru apă caldă cu combustibili lichizi şi gazoşi, etichetarea şi standardizarea consumului de energie pentru aparatele electrocasnice.

- Strategia Comunităţii de limitare a CO_2 în anul 2000 la nivelul existent în 1990 presupune o creştere semnificativă a contribuţiei surselor regenerabile de energie în balanţa energetică.

În acest scop, Consiliul a stabilit în 1993 Programul ALTENER (Decizia Consiliului nr. 500/93/EEC din 13 septembrie 1993 privind promovarea resurselor regenerabile de energie în Comunitate).

- Promovarea noilor tehnologii este susţinută prin Programul THERMIE, care asigură sprijin financiar pentru proiectele de promovare a tehnologiilor energetice cu accent pe utilizarea raţională a energiei, sursele regenerabile de energie, combustibili solizi şi hidrocarburi.

- Standardizarea şi armonizarea tehnică în domeniul energiei a fost stimulată prin documentul SEC (92) 723 emis de Comisie în 1992.

2.2. Carta Europeană a Energiei şi Tratatul Cartei Energiei

Iniţiativa Cartei Europene a Energiei (CEE) a început cu o sugestie a fostului prim-ministru al Olandei, Ruud Lubbers, la o reuniune a şefilor de guverne ale celor 12 ţări (pe atunci) ale Comunităţii Europene, în iunie 1990, la Dublin. El a susţinut că modalitatea cea mai bună de a ajuta Uniunea Sovietică (aşa cum era atunci) ar fi de a determina un ciclu de creştere a activităţii economice reale în Est, mai curând decât de a încerca să se sprijine ţările fostului bloc socialist printr-un masiv ajutor internaţional. Lubbers a sugerat că domeniul indicat pentru a începe ar fi sectorul energiei, unde există o complementaritate naturală între imensele rezerve de energie din Est şi resursele de potenţial industrial şi tehnologic, de fonduri de investiţii disponibile în Vest. Se remarcă faptul că, din start, obiectivele iniţiativei Cartei mergeau mai departe decât cele de politică energetică.

Dezvoltând ideea fostului premier olandez, peste 50 de ţări (europene, SUA, Canada, Japonia, Australia) şi Comunitatea Europeană au convenit şi semnat CEE, în cadrul unei Conferinţe speciale desfăşurate la Haga, în 17 decembrie 1991.

Carta este o declaraţie politică, în sensul că semnatarii se angajează să promoveze reciproc investiţiile, comerţul şi cooperarea în domeniul energetic. Aceasta reflectă propunerea Lubbers, punând accentul pe rolul industriei şi pe crearea unei pieţe internaţionale a energiei.

Principalele obiective vizate în Cartă se referă la: îmbunătăţirea securităţii alimentării cu energie; maximizarea eficienţei producţiei, conversiei, transportului, distribuţiei şi utilizării energiei; creşterea siguranţei în funcţionare şi minimalizarea impactului asupra mediului.

Din moment ce cheia succesului iniţiativei Cartei constă în disponibilitatea de a investi şi opera în Est, era esenţial să se meargă dincolo de Cartă şi să se creeze, printr-un acord, un cadru similar de garanţii juridice pentru funcţionarea companiilor, dar, în anumite privinţe, mai ambiţios decât ceea ce exista atunci în Vest. Tratatul Cartei Energiei (TCE) este acest acord.

Aşadar, spre deosebire de Cartă, TCE a fost conceput ca un document juridic, care să creeze drepturi şi obligaţii pentru toate părţile contractante, asigurând un cadru internaţional de garanţii, în care agenţii economici din ţările semnatare să poată investi, funcţiona şi face comerţ în sectorul energetic din toate aceste ţări.

TCE a fost semnat de către 41 de ţări, inclusiv România şi Comunitatea Europeană, la Lisabona, în 17 decembrie 1994. Alte opt ţări au semnat tratatul ulterior, excepţia notabilă fiind SUA.

Aşa cum s-a arătat, importanţa tratatului transcede domeniul energiei, fiind în fapt primul tratat substanţial semnat între Est şi Vest, după încheiera războiului rece. Tratatul nu este un acord de ajutor, ci negociatorii l-au dorit imparţial între Est şi Vest. Garanţiile sale se aplică firmelor ţărilor din Vest ce investesc sau funcţionează în Est, precum şi companiilor răsăritene ce desfăşoară activităţi similare în Vest.

Pe ansamblu, în prezent TCE este apreciat mai mult ca o realizare politică decât juridică, datorită, în principal, ponderii mai ridicate de prevederi tip soft law şi goodwill intentions, comparativ cu cele hard law.

În plus, în ultimii ani, în Europa au avut loc evoluţii politice rapide şi importante. Numeroase ţări din Centrul şi Estul Europei au încheiat acorduri de asociere cu Uniunea Europeană (UE) sau chiar au solicitat integrarea în acest organism, care are, în general, un sistem de garanţii juridice mai puternic decât cele stipulate în TCE.

Pe de altă parte, unele ţări, din aceeaşi regiune, care, la data semnării TCE, nu erau membre GATT, au

cerut aderarea la Organizaţia Mondială a Comerţului (OMC), noul organism în care s-a transformat GATT. Or, TCE - într-un anume sens - fusese conceput ca un GATT sectorial (produse energetice) şi zonal (zona formată din ţările semnatare), dar mai avansat.

Actul final al Conferinţei Cartei Europene a Energiei de la Lisabona conţine TCE (anexa 1), Decizii legate de acesta (anexa 2) şi Protocolul Cartei Energiei privind eficienţa energetică şi aspecte asociate legate de mediu (anexa 3), precum şi o serie de înţelegeri şi declaraţii cu privire la tratat. TCE este structurat în opt părţi, conţinând 50 de articole. Sunt incluse 14 anexe, declarate părţi integrante ale tratatului.

Dintre pricipalele prevederi ale CE, menţionăm pe cele referitoare la investiţii, comerţ, tranzit, măsuri tranzitorii şi proceduri de arbritaj.

Prevederile referitoare la investiţii reprezintă în esenţă extinderea OECD Investment Code la ţările răsăritene şi transformă aceste reguli în instrumente juridice, inclusiv pentru ţările semnatare din OECD.

Un aspect important constă în obligaţia guvernelor semnatare de a trata investiţiile străine în domeniul energetic cel puţin la fel de bine ca investiţiile companiilor proprii, altfel spus de a asigura "tratamentul naţional" în locul "tratamentului celei mai favorizate ţări", folosit în mod uzual.

De asemenea, Părţile Contractante sunt obligate să creeze condiţii stabile, echitabile, favorabile şi transparente pentru investitori.

Pentru faza preinvestiţională s-a convenit un regim tranzitoriu în care continuă negocierile, cu scopul ca de la începutul anului 1998 să devină obligatorie, şi în această fază, aplicarea principiului "tratamentului naţional". În această perioadă de tranziţie, aplicarea "tratamentului naţional" a fost asumată pe bază voluntară.

În ceea ce priveşte comerţul cu energie, tratatul consideră ţările care nu sunt membre GATT ca şi cum ar fi membre, fiind în curs negocieri menite să introducă în tratat şi rezultatele Rundei Uruguay. Tratatul cere guvernelor semnatare să permită tranzitul purtătorilor de energie şi, în situaţia în care capacităţile de transport nu sunt suficiente, să accepte construirea unor noi capacităţi.

De asemenea, TCE interzice ţărilor, în cazul unei dispute (de exemplu, privind taxele de transport), să întrerupă tranzitul de energie fără ca, mai întâi, să supună disputa unor prevederi de conciliere.

Tratatul conţine prevederi menite să asigure un comportament responsabil din partea statelor semnatare în domeniul energie-mediu. Este de menţionat că ***Protocolul privind eficienţa energetică*** obligă părţile contractante să coopereze în acest domeniu.

În TCE au fost incluse şi măsuri tranzitorii, vizând mai ales ţările răsăritene şi care nu depăşesc data de 1 iulie 2001.

Tratatul va intra deplin în vigoare după ratificarea sa de către 30 de ţări, ceea ce se estimează că va fi realizat în acest an.

Cadrul instituţional al tratatului stabileşte o Conferinţă a Cartei, deservită de un secretariat, cu sediul la Bruxelles.

Pentru extinderea tratatului sunt în curs, sau vor fi iniţiate în perioada viitoare, negocieri privind faza preinvestiţională, modificarea prevederilor legate de comerţ prin încorporarea în TCE a rezultatelor Rundei Urugay şi extinderea prevederilor TCE asupra echipamentelor energetice, precum şi un protocol referitor la siguranţa nucleară (cu considerarea Convenţiei pentru Securitate Nucleară, negociată sub egida Agenţiei Internaţionale pentru Energie Atomică şi deschisă spre semnare tuturor statelor interesate în septembrie 1994) şi un alt protocol referitor la hidrocarburi.

3. Priorităţi ale procesului legislativ în industria energiei electrice şi termice din România

Până în prezent nu s-a adoptat o lege a energiei electrice şi termice, deşi a fost elaborat un proiect de către fostul Minister al Industriilor, proiect ce necesită încă îmbunătăţiri substanţiale, pentru a fi concordant cu programul de guvernare al noului executiv. Cu toate acestea, în perioada anterioară, au fost adoptate legi şi alte acte normative de o deosebită importanţă pentru sector, cum ar fi:

- ***Legea Apelor*** - adoptată de Parlament în anul 1996 - urmăreşte crearea cadrului juridic corespunzător pentru cunoaşterea, valorificarea, conservarea şi protecţia resurselor de apă, în condiţiile păstrării echilibrului ecologic.

Faţă de cadrul legislativ anterior (Legea nr.8/1974, completată cu Legea nr. 5/1989), în actuala Lege s-au introdus şi adoptat elemente noi, astfel:

- instituirea proprietăţii publice de interes naţional în domeniul apelor, având în vedere caracterul social al lucrărilor de gospodărire a apelor ;
- dezvoltarea sistemului informaţional privind fenomelele hidrometeorologice şi resursele de apă în scopul elaborării unor decizii optimizate;
- introducerea mecanismelor economice pentru utilizarea raţională a resurselor de apă şi protecţia calităţii apelor în toate sectoarele de activitate;

- înfiinţarea Comitetelor de bazin ca organisme consultative ale tuturor celor interesaţi în gospodărirea raţională a resurselor de apă.

De asemenea, legea conţine o serie de completări, îmbunătăţiri şi precizări ale unor reglementări anterioare privitoare la:

- organizarea autorităţilor de gospodărire a apelor în contextul economiei de piaţă;
- regimul lucrărilor ce se construiesc pe ape sau în legătură cu apele;
- obligativitatea normelor specifice de apă pe unitatea de produs şi de activitate şi a necesităţii revederii lor periodice;
- sancţiunile în domeniul apelor.

Legea Protecţiei Mediului, nr. 137/1995, ale cărei prevederi sunt corelate cu normele UE, pentru diferitele ramuri ale economiei, inclusiv pentru sectorul energetic. În acest cadru sunt obligatorii studiile de impact asupra mediului a noilor obiective energetice, precum şi pentru stabilirea nivelului maxim de noxe admise în exploatarea diferitelor echipamente din domeniul energetic. Sunt în curs de elaborare reglementări mai detaliate pentru transpunerea în practică a prevederilor legii.

În România nu sunt în vigoare reglementări care să impună taxe asupra CO_2 , dar o serie de specialişti susţin introducerea lor în viitorii ani şi în ţara noastră.

Activitatea în domeniul nuclear din România, se desfăşoară în conformitate cu prevederile legislative în vigoare şi se poate afirma că acest subsector are reglementările în cea mai mare măsură armonizate cu cele din ţările ce fac parte din EURATOM, intrarea României în acest organism neridicând probleme deosebite de ordin legislativ:

- *Legea nr. 111/1996 privind desfăşurarea în siguranţă a activităţilor nucleare;*
- *Legea nr. 61/1974 cu privire la desfăşurarea activităţilor în domeniul nuclear în România;*
- *Legea nr.6/1982 privind asigurarea calităţii obiectivelor şi instalaţiilor nucleare;*
- *HG nr. 457/1994 privind organizarea şi funcţionarea Ministerului Apelor, Pădurilor şi Protecţiei Mediului* (care include CNCAN - Comisia Naţională pentru Controlul Activităţilor Nucleare);
- Este în fază de definitivare poiectul de lege cu privire la promovarea şi organizarea activităţilor în domeniul nuclear din România.

În ceea ce priveşte normele naţionale, se pot menţiona:

- Operaţiunile de export-import de materiale nucleare sunt autorizate de către Agenţia Naţională pentru Controlul Exporturilor Strategice şi de Interzicere a Armelor Chimice (ANCESIAC), în conformitate cu Ordonanţa Guvernului nr. 31/1994 privind regimul importurilor şi exporturilor strategice, aprobată prin Legea nr. 93/1994;
- România este membră cu drepturi depline a Grupului Furnizorilor Nucleari ("Clubul de la Londra"), din august 1990, şi respectă reglementările acestuia.
- România a devenit parte la Tratatul privind neproliferarea armelor nucleare în martie 1970, din 1972 intrând în vigoare Acordul dintre guvernul României şi AIEA de aplicare a controlului de garanţii în baza acestui Tratat.
- România a ratificat Convenţia privind protecţia fizică a materialelor nucleare în noiembrie 1993 (Legea nr. 78/1993).
- Ţara noastră a aderat la Convenţia privind răspunderea civilă pentru daune nucleare de la Viena din 1963 şi la Protocolul comun referitor la aplicarea Convenţiei de la Viena şi a Convenţiei de la Paris privind răspunderea civilă pentru daune nucleare, prin Legea nr. 106/1992.
- România aplică normele de securitate internaţionale din 1994 (BSS - Basic Safety Standards), editate de AIEA.
- De asemenea, România aplică Decretul nr. 223/1990 al Consiliului Provizoriu de Uniune Naţională pentru aderarea României la Convenţia cu privire la notificarea rapidă a unui accident nuclear şi la Convenţia cu privire la asistenţă în caz de accident nuclear sau urgenţă radiologică.
- România a depus la 1 iunie 1995 instrumentul de ratificare a Convenţiei Internaţionale de Securitate Nucleară, semnată la 20 septembrie 1994.
- Ţara noastră este membru al Grupului Furnizorilor Nucleari şi al Comitetului Exportatorilor Nucleari ("Comitetul Zangger") şi respectă reglementările acestora.

În domeniul *promovării eficienţei energetice* sunt de menţionat următoarele:

- Conform HG nr. 794/1993 şi HG nr. 451/1991, Agenţia Română pentru Conservarea Energiei, din Ministerul Industriei şi Comerţului, creată în 1991, este instituţia responsabilă cu promovarea politicii de eficienţă energetică în toate sectoarele economiei naţionale.
- Începând din anul 1994, conform Legii nr.136/1994, s-a constituit Fondul Special pentru Dezvoltarea Sistemului Energetic, în scopul finanţării, împreună cu resursele proprii ale întreprinderilor industriale, unor obiective de investiţii din sectorul producerii, transportului, distribuţiei şi utilizării energiei electrice şi termice. Din acest fond sunt

prevăzute a fi finanţate şi lucrări de conservare a energiei.

- A fost elaborat un proiect de lege a utilizării raţionale a resurselor de energie, aflat în fază de avizare în cadrul Ministerului Industriei şi Comerţului, care conţine şi prevederi referitoare la promovarea surselor regenerabile de energie (pentru care există şi varianta elaborării unei legi distincte). Proiectul de lege reglementează şi activităţile de DSM.

Pe linia armonizării legislaţiei din România cu legislaţia UE, în anul 1993 a fost iniţiat, de către Ministerul Industriilor, sprijinit de Ministerul Cercetării şi Tehnologiei şi Institutul Român de Standardizare, un program naţional de introducere a sistemului de etichetare energetică şi de standardizare a eficienţei energetice minim admisibile la receptoarele de energie.

Până în prezent au fost elaborate şase studii de analiză a performanţelor unor echipamente casnice şi industriale de către ICEMENERG, în cooperare cu alte institute, şi standardul pentru aparate frigorifice (SR 13339/1996), armonizat cu UE.

A fost adoptată HG privind etichetarea energetică la frigidere, congelatoare şi combine frigorifice, armonizat cu Directiva 750/1992 a Consiliului Comunităţii Europene şi Directiva 2/1994 a Comisiei.

Pentru 1997 - 1998, programul prevede elaborarea de standarde şi acte normative aferente pentru următoarele tipuri de aparate: maşini de spălat, maşini de gătit, radioreceptoare şi receptoare TV, cazane mici pentru încălzit apa, aspiratoare de praf, corpuri de iluminat şi motoare asincrone cu putere nominală mai mică de 50 MW.

Este important de menţionat şi faptul că România este afiliată la CEN/CENELEC prin intermediul Institutului Român de Standardizare, care desfăşoară o activitate intensă de armonizare a standardelor româneşti cu cele UE, în energetică şi alte sectoare.

Revenind la domeniul energiei electrice şi termice sunt de arătat următoarele:

- Prin HG nr. 236/1993 a fost aprobat ***Regulamentul de furnizare şi utilizare a energiei electrice***, care reglementează în principal relaţia furnizori - consumatori de energie electrică.

Regulamentul prevede, în esenţă, reglementarea contractării energiei electrice; conţine prevederi referitoare la realizarea instalaţiilor electrice de alimentare şi utilizare, prevederi specifice pe categorii de consumatori, principii de tarifare, modalităţi de facturare şi încasare a contravalorii energiei electrice livrate şi altele.

- Prin HG 425/1994 a fost aprobat ***Regulamentul de furnizare şi utilizare a energiei termice***, care are un conţinut similar cu cel al regulamentului pentru energia electrică.

Este de menţionat că aceste regulamente sunt în curs de refacere, în sensul îmbunătăţirii relaţiei furnizor - client şi evitării abuzului de poziţie dominantă a actualelor regii autonome. Refacerea acestor regulamente este în fază finală şi sunt consultate asociaţii ale consumatorilor, precum şi specialişti şi institute independente de consultanţă.

Desigur, prioritatea de vârf este definitivarea proiectului de lege a energiei electrice şi termice în contextul politicii economice a noului guvern, precum şi a evoluţiilor recente din Uniunea Europeană , pentru armonizarea cu legislaţia acesteia şi TCE.

Considerăm că obiectivele principale ale legii ar trebuie să fie următoarele:

- realizarea alimentării cu energie electrică şi termică în cantităţi, de calitate şi la preţuri care să contribuie la o dezvoltare economică durabilă;
- restructurarea sectorului energetic pentru creşterea eficienţei sale;
- asigurarea protecţiei mediului înconjurător;
- participarea sectorului privat din România şi a investitorilor străini în condiţii favorabile şi echitabile;
- stimularea competiţiei în majoritatea activităţilor, reglementarea elementelor care rămân cu caracter de monopol;
- eficientizarea utilizării energiei, inclusiv prin activităţi de Demand Side Management;
- asigurarea protecţiei consumatorilor de energie electrică şi termică împotriva abuzului de poziţie dominantă a entităţilor având monopol.

Dintre principalele prevederi ale proiectului de lege, menţionăm:

- elaborarea unei "Politici Naţionale a Energiei Electrice şi Termice", care va fi prezentată de guvern spre aprobare parlamentului;
- înfiinţarea unei autorităţi competente - organism echidistant, subordonat direct guvernului, cu atribuţii şi competenţe de reglementare a preţurilor, tarifelor şi taxelor, a elementelor cu caracter de monopol şi de negociere a acordurilor de concesionare în cadrul sectorului;
- criterii şi condiţionări specifice pentru concesionarea instalaţiilor de producere a energiei electrice şi termice;
- principiile şi procedurile de stabilire a preţurilor, tarifelor şi taxelor pentru energia electrică şi termică.

În cadrul restructurării sectorului energetic, prevăzută de viitoarea lege, urmează să se încadreze şi restructurarea actualei regii autonome RENEL.

Desigur, la îmbunătăţirea reglementărilor în domeniu vor contribui şi alte legi şi acte normative cuprinse în pachetul legistativ avut în vedere de noul executiv.

4. Unele comparaţii în domeniul legislativ şi consecinţe pentru România

Viteza armonizării legislaţiei energetice din România cu cea din UE este determinată de viteza ansamblului reformei legislative din ţara noastră.

Se poate estima că România este mai întârziată decât unele din ţările în tranziţie (Cehia, Ungaria, Polonia şi Slovenia, de exemplu) în procesul de armonizare a legislaţiei energetice. De altfel, aceste ţări începuseră reforma înainte de 1989, deci au avut şi un avans în timp faţă de România.

Unele avantaje în planul situaţiei energetice a României (spre exemplu, profilul polienergetic care îi creează o mai mare flexibilitate) reprezintă un impediment pentru armonizarea legislaţiei, care trebuie să acopere un număr mai mare de subsectoare energetice.

Lipsa unui număr adecvat de jurişti cu experienţă în dreptul comunitar şi în domeniul energetic este, de asemenea, o cauză importantă a acestor întârzieri în procesul legislativ.

Pe de altă parte, nu poate fi trecut cu vederea faptul că, după 1989, România a trebuit să schimbe în foarte mare măsură sistemul său legislativ, iar Parlamentul - cu toate rezervele care pot fi avute faţă de activitatea sa - a fost asaltat de necesitatea de a legifera în foarte multe domenii într-un timp relativ scurt, pentru a pune în acord sistemul legislativ din ţara noastră cu noile realităţi politice şi economico-sociale apărute după anul 1989. La aceasta s-a adaugat ulterior, necesitatea armonizării legislaţiei din ţara noastră cu cea din UE, ca urmare a opţiunii fundamentaale a României de integrare în structurile euro-atlantice. Din acest punct de vedere, numeroase prevederi ale actualei legislaţii româneşti, inclusiv din Constituţie, trebuie revizute, pentru a asigura compatibilitatea sistemului nostru legislativ cu tratatele, directivele şi celelalte reglementări care guvernează relaţiile din interiorul structurilor euro-atlantice.

Schimbările de esenţă petrecute în ultimul timp pe plan politic în România creează premise pentru accelerarea şi aprofundarea procesului legislativ şi în domeniul energetic.

În acest context, trebuie ţinut seama că, în fapt, România se va integra în UE, aşa cum va fi aceasta la data integrării şi nu în prezent. De aceea, este esenţial să se examineze evoluţiile din UE în perspectivă, atât în ceea ce priveşte politica energetică a Comunităţii [7], cât şi instrumentele juridice destinate să o implementeze.

BIBLIOGRAFIE

[1] * * * International Energy Agency, *The Role of IEA Governments in Energy*, OECD, Paris, 1992.

[2] *Washington International Energy Group, The 1997 Electric Industry Outlook*, Washington, DC, 1997.

[3] * * * European Foundation for Cooperation in Energy Economics, *European Energy Legislation. Analysis and Texts. European Union, European Coal and Steel Community, Euratom*, 7 Volumes: Vol.1: *Solid Fuels; Vol.2 A + 2 B: Petroleum and Petroleum Products; Vol.3: Natural Gas and Electricity*; Vol.4 A + 4 B: Nuclear Energy; Vol. 5: *Rational Use of Enegy. Renewable Energy Sources. Technology and Standardisation*, Bruxelles, 1995.

[4] * * * *Carta Europeană a Energiei*, ENERG, nr.10, Ed. Tehnică, Buc., 1996

[5] Bamberger, C. S. *An Introduction to the Energy Charter Treaty*, IEA/OECD, Paris, 1995.

[6] Liciu, N. *Energy Charter Treaty in Romanian Context: Advantages, Requirements, Risks.* Raport 1.404 la Conferinţa Naţională de Energetică, Septembrie, 1996, Neptun.

[7] * * * *An Energy Policy for the European Union, White Paper of the European Commission*, ianuarie 1996, Document COM (95) 682 FINAL, Bruxelles.

LIBERALIZAREA PIEŢEI EUROPENE A ELECTRICITĂŢII: IMPACTUL ASUPRA PRODUCERII ELECTRICITĂŢII ŞI ASUPRA MEDIULUI

WALT PATTERSON, MICHAEL GRUBB
The Royal Institute of International Affairs, Chatham House, Londra

În 1988 Comisia Europeană a făcut publică intenţia sa de a realiza o "piaţă unică de energie" europeană. După opt ani de la propunerea iniţială (20 iunie 1996), miniştrii energiei din cele 15 state membre ale Uniunii Europene au fost unanim de acord asupra intenţiei de a deschide sistemul de energie electrică al Uniunii Europene pentru competiţie.

Liberalizarea sectorului energiei electrice în Europa, atât în interiorul, cât şi în exteriorul graniţelor naţionale, în forme variate, va avea în mod sigur implicaţii majore pe termen lung asupra:

- *evoluţiei sistemelor de energie electrică;*
- *investiţiilor în tehnologii din domeniul electricităţii;*
- *impactului sistemelor energetice asupra mediului ambiant;*
- *angajamentelor internaţionale.*

Realizarea dezvoltării durabile, în Europa şi în toată lumea, presupune obţinerea "electricităţii durabile". In ciuda temerilor celor sceptici, liberalizarea sectorului energiei electrice poate deschide acest drum.

In 1988 the European Commission stated its intention of creating a single European electricity market. After eight years from the initial proposal (june, 20, 1996) the energy ministers of the 15 EU member states unanimously agreed on the intention of opening up the EU electric power system for competition.

The power sector liberalization in Europe, both within and outside the national borders, in different forms will have major long term consequences for:

- *the power systems evolution ;*
- *investments in the power technologies ;*
- *the impact of the power systems on the environment ;*
- *the international commitments.*

A sustained development in Europe and world-wide should be based on "sustainable electricity". In spite of the skeptical, the power sector liberalization can pave the way for this goal.

Descriptori: politici energetice, piaţa energiei

Pe 20 iunie 1996, la opt ani după ce Comisia Europeană a făcut publică intenţia sa de a realiza o "piaţă de energie" europeană, ministerele energiei din 15 state membre ale Uniunii Europene au fost unanim de acord asupra intenţiei de a deschide sistemul de energie electrică al Uniunii Europene pentru competiţie. Hotărârea semnalează un proces implacabil de liberalizare, dar cu multe aspecte încă neclarificate şi implicaţii prost înţelese.

Liberalizarea anunţă mari schimbări, nu numai în structurile instituţionale şi financiare ale industriei, ci şi în structurile tehnice şi în domeniul combinării surselor primare de producere. Aceste schimbări aplicate corespunzător pot, de asemenea, să aibă ca efect reducerea pe termen lung a emisiilor de bioxid de carbon şi a altor factori de poluare a mediului.

Introducere. "Piaţa unică"

În 1988 Comisia Europeană a publicat lucrarea *Piaţa internă de energie (COM(88)238)*, propunându-şi să stabilească o "piaţă unică" pentru energie în Comunitatea Europeană. Această lucrare a declanşat o mişcare vie, care a continuat să se reverbereze. Aplicarea ideii în practică a început destul de greu. Actul European Unic din 1986 conţinea un nou angajament pentru crearea unei pieţe unice şi energia a devenit o ţintă evidentă, figurând în fruntea gândirii europene încă din 1950. Astfel, mişcarea iniţială pentru integrare europeană includea tratate de creare a

Comunităţii Europene a Cărbunelui şi Oţelului şi a Comunităţii Europene pentru Energie Atomică (Euratom), ambele având intenţia de a coordona aspectele politicii energetice naţionale la nivel european.

De-a lungul anilor, implementarea practică a acestor intenţii europene a fost împiedicată de membrii guvernelor, hotărâţi să apere interesele naţionale, aşa cum erau ele percepute la momentul respectiv. O primire similară a întâmpinat şi propunerea Comisiei de a se crea o "piaţă unică" a energiei. Comisia a argumentat că regulile privind competiţia trebuie aplicate tuturor sectoarelor economice, inclusiv energia electrică şi gazele, şi a făcut apel la mai multă transparenţă pentru clarificarea informaţiilor asupra costurilor. A propus ca producătorilor independenţi să li se ofere un acces mai uşor la reţele şi ca marii consumatori să aibă posibilitatea de a negocia direct cu producătorii aflaţi în concurenţă - aşa-numitul "acces al terţilor la reţea" (TPA-Third Party Access). Oricum, iniţiativa Comisiei a fost întâmpinată cu o opoziţie dură şi a avut parte de tergiversări. Managerii sistemelor existente au reacţionat la aceste propuneri cu ostilitate agresivă. Guvernele membre au fost şi ele refractare la ideea de a preda vreuna din pârghiile politice asupra sistemelor naţionale de energie electrică şi gaze.

Totuşi, după propunerea iniţială a Comisiei, membrii guvernelor din Anglia, Suedia, Finlanda, Olanda, Austria, Italia, Spania şi Portugalia au început să implementeze o serie de măsuri variante, pentru liberalizarea sistemului energiei electrice: privatizarea întreprinderilor care aveau datorii, acolo unde stadiul existent permitea, restructurarea organizaţiilor şi instituţiilor, producerea de energie de către firme independente şi înlocuirea monopolului cu competiţia şi mecanismele specifice economiei de piaţă. Aceste măsuri au fost susţinute de motivaţii financiare, politice şi chiar ideologice, ca răspuns la presiunile exercitate de industriile majore, care doreau energie electrică ieftină. Guvernele au încurajat pe producătorii independenţi de energie şi au vândut investitorilor particulari întreprinderile proprii, pentru a reduce cererea de finanţare guvernamentală şi a mări bugetul guvernamental. Au fost restructurate organizaţiile şi s-a introdus sistemul concurenţial. Aceste măsuri au zdruncinat serios monopolurile. Unele guverne au acţionat astfel nutrind credinţa că pieţele sunt întotdeauna de preferat monopolurilor.

Astfel, cu toată opoziţia puternică, Comisia şi susţinătorii naţionali ai liberalizării s-au dovedit tenaci şi perseverenţi, iar problema a rămas pe agenda europeană. Opt ani după propunerea iniţială, pe 20 iunie 1996, miniştrii energiei din cele 15 state membre ale Uniunii Europene au fost unanim de acord asupra unei Directive de deschidere către concurenţă a sistemelor energetice din Uniunea Europeană. Procesul este încă în derulare, dar importanţa lui a devenit evidentă. Acolo unde sistemele energetice au funcţionat ca monopoluri închise, efectele explicite ale Directivei vor permite creşterea accesului atât a consumatorilor de energie, cât şi a producătorilor individuali, fără a-l limita la graniţele naţionale ale ţărilor din UE. Consumatorii industriali mari vor avea posibilitatea de a achiziţiona măcar o parte din energie de la alţi producători decât cei locali; iar producătorii independenţi vor avea posibilitatea să vândă energie electrică în competiţie cu companiile ce în trecut deţineau monopolul. Pregătirile detaliate sunt complexe şi arbitrare, necesită multe compromisuri, iar consecinţele nu vor fi imediate. Piaţa va fi deschisă în mai multe etape: consumatorilor peste pragul de 40 GWh/an, de la 1 ianuarie 1997; 20 GWh/an de la 1 ianuarie 2000 şi 9 GWh/an de la 1 ianuarie 2003. După 1 ianuarie 2006 Directiva va fi rediscutată. Numai consumatorii care folosesc peste 100 GWh/an au acces liber garantat; statele membre vor putea decide care sectoare vor profita de restul de piaţă deschisă, ca o evoluţie de la 22 % la 27 % şi apoi la 32 - 33 % în trei etape.

Chiar şi o putere care depăşeşte pragul de 9 GWh/an este reprezentată numai de utilizatori industriali majori, întreprinderi mari. Oricum, aşteptările sunt ca, odată monopolurile demontate, sub presiunea concurenţei să se micşoreze preţul energiei, să se îmbunătăţească eficienţa economică în beneficiul tuturor consumatorilor de energie. Potrivit ziarului Financial Times în articolul "Energia în Europa" din 28 iunie termenii Directivei sunt slab definiţi - *"limitată ca domeniu, diminuată cu clauze şi posibilităţi de evitare, permite tergiversarea peste nouă ani presăraţi cu incertitudini* ", Dar articolul continuă susţinând că "semnificaţia naşterii ideii nu ar trebui subestimată". Aşa cum a spus cel mai mare consumator din Anglia, ICI, *"Directiva va declanşa tendinţe către concurenţă, care vor fi greu de oprit, forţând deschiderea uşilor zăvorâte ale pieţei de energie a Europei"*.

Deşi era un prim pas, acest experiment a dus la întărirea procesului de liberalizare în cadrul statelor membre, determinând aplicarea de noi presiuni asupra guvernelor recalcitrante şi dând liberalizării o dimensiune europeană. Analiştii consideră tendinţa către liberalizarea sectorului energiei electrice din Europa ca fiind definitivă. Directiva UE este numai un alt aspect al procesului, oricum unul important, care va coborî barierele între sistemele naţionale. Numeroasele şi importantele probleme ridicate, din

domeniul legal, administrativ şi instituţional, nu fac obiectul acestei scurte lucrări. Liberalizarea sectorului energiei electrice în Europa, atât în interiorul, cât şi dincolo de graniţele naţionale, în forme variate, va avea în mod sigur implicaţii majore pe termen lung - pentru evoluţia sistemelor de energie electrică, pentru investiţii în tehnologii din domeniul electricităţii şi pentru impactul sistemelor energetice asupra mediului ambiant. Câteva din aceste implicaţii sunt examinate în continuare.

Tehnologii de producere

O consecinţă a liberalizării energiei electrice este deja evidentă: un context liber, concurenţial, favorizează o altă combinaţie de tehnologii de producere a energiei electrice. Sistemele energetice din toată lumea, inclusiv din Europa, au fost de la început înfiinţate pentru a beneficia de economiile de scară realizate de sistemul de producere care foloseşte puterea apei sau a aburului. Sistemele cu centrale electrice mari au fost construite pe aceste baze, ajungându-se până la centrale care generează 1000 MW sau chiar mai mult, al căror cost poate depăşi 2000 mil. lire, şi care necesită şase sau mai mulţi ani pentru construire şi dare în folosinţă.

Finanţarea unor astfel de instalaţii mari - baraje hidroenergetice, centrale electrice pe cărbune sau instalaţii pentru producerea energiei nucleare - a fost posibilă pentru că sistemele electrice care le-au comandat făceau parte din monopoluri cu drepturi exclusive, consumatorii depinzând de aceste sisteme şi, în ultimă instanţă, plătind pentru ele. În contextul monopolului, aproape fără riscuri, cei care au planificat sistemele energetice au avut la dispoziţie orizonturi de planificare de peste 40 de ani. Ei au folosit rate de amortizare foarte mici, au acceptat durata mare de construcţie, de până la 10 ani, şi au planificat amortizarea cheltuielilor în următorii 20 - 30 de ani. Ideea că această metodă nu este cea mai bună a fost avansată nu de cei care planifică sistemele, ci de consumatori şi de guverne. În ultima parte a anilor '70 aceştia au început să-şi facă griji. Previziunile şi investiţiile necorespunzătoare avansate de unele monopoluri au reprezentat un stimul puternic pentru liberalizarea sectorului energiei electrice.

În urma primei răbufniri a liberalizării, recte în Anglia, teoria economiilor de scară pe care le oferă sistemul cu centrale mari, convenţionale, a fost repusă în discuţie. Două evenimente ce au coincis au făcut ca discuţia să fie departe de a fi teoretică. În ultimul deceniu, gazul natural, ieftin şi din abundenţă, a început să inunde Piaţa Europeană; turbinele pe gaze s-au dovedit a fi o tehnologie curată, eficientă şi fiabilă pentru producerea de energie electrică, în special dacă se cuplează cu una pe aburi, în ceea ce a fost denumit "ciclul combinat".

O centrală cu ciclu combinat (CCGT) poate funcţiona la nivelul de bază ca o centrală pe cărbune sau una nucleară, dar este mult mai flexibilă; are, de asemenea, un preţ de cost mai mic pe kW instalat. Furnizorii de gaze au fost dornici de a semna contracte de furnizare a combustibilului pe termen lung, la preţuri foarte atractive. Într-adevăr, posibilitatea vânzării producţiei pe termen lung unor cumpărători stabili, centrale cu ciclu combinat de exemplu, a devenit baza dezvoltării zăcămintelor de gaze sau a construirii de conducte de gaze. Mai mult, o centrală cu ciclu combinat este mai uşor de amplasat decât o centrală pe cărbuni sau una nucleară şi poate fi proiectată, construită şi dată în folosinţă în trei ani sau chiar mai puţin. Proiectarea modulată înseamnă că o mare parte din componentele centralei pot fi fabricate în uzină şi nu la faţa locului, deci la cerere pot fi adăugate rapid noi unităţi pentru mărirea capacităţii de producţie. Realizarea la o scară mai mică oferă o uzură morală mai mică, putând fi încorporate cu uşurinţă inovaţiile tehnice apărute. Astfel, dacă se doreşte, se poate amplasa o centrală de putere mai mică la capătul liniei, aproape de consumatori, centrală cu cogenerare ce permite o şi mai mare sporire a eficinţei utilizării combustibilului.

Prezentând aceste avantaje, centralele cu ciclu combinat şi-au stabilit deja locul în sistemele energetice din Europa, ponderea lor crescând în mod rapid. Cea mai evidentă manifestare este în Anglia , unde liberalizarea a fost începută încă din 1990. În mai puţin de şapte ani de la desfiinţarea monopolului, centralele cu ciclu combinat au ajuns să reprezinte mai mult de 20 % din capacitatea de producţie a Angliei şi Ţării Galilor. A devenit aproape de neconceput ca cineva să mai comande o centrală pe cărbune sau una nucleară pentru viitor. Centralele cu ciclu combinat sunt deja preferate în Europa - Belgia, Finlanda, Germania, Italia, Olanda şi Portugalia - şi există planuri de construire şi a altora pentru viitor. Organizaţia industrială UNIPEDE anticipează că între anii 1996 - 2000 vor fi construite centrale cu ciclu combinat care vor produce peste 25 000 MW, atât în Euopa Centrală, cât şi în cea de Vest.

Continuarea liberalizării va accelera acest proces. În piaţa concurenţială, sistemul energetic bazat pe centrale tradiţionale pe cărbuni sau nucleare, utilităţi care necesită perioade lungi de construcţie, costuri mari, a început să semene a dinozauri tehnologici. Nu este o propunere atractivă pentru producătorii independenţi, pentru că este greu de

finanţat. Fără garanţiile veniturilor curente oferite de monopol este o investiţie riscantă; perspectiva financiară cere în mod corespunzător dobânzi mari de returnat, ridicând astfel preţul energiei electrice produse, făcând-o şi mai puţin competitivă. În contextul liberalizării, alte posibilităţi devin mai interesante şi mai probabile. Vor fi preferate unităţile mai mici, modulare, cu durata de construcţie mai mică, amplasate cât mai aproape de consumatori, poate chiar deţinute sau contractate direct de ei, atât în interiorul, cât şi în afara graniţelor naţionale. Un procent din ce în ce mai mare din aceste centrale vor fi centralele cu ciclu combinat. Centralele mari, tradiţionale, deja se confruntă cu o serie de probleme serioase. Centralele pe cărbuni ridică probleme în privinţa emisiilor acide şi de particule; centralele nucleare ridică probleme privind nivelul de securitate, emisiile de factori poluanţi, manevrarea şi depozitatea de substanţe radioactive. Amândouă tehnologiile duc o luptă ce va deveni, poate, o bătălie pierdută în confruntarea cu acceptarea publică şi politică. Liberalizarea sectorului energiei electrice va spori presiunea asupra lor, din motive pur economice. Liberalizarea sectorului gazelor naturale, care reprezintă o problemă conexă a politicii energetice, va încuraja alegerea centralelor pe gaze pentru noile capacităţi de producere ce vor fi construite. În contextul unei pieţe liberalizate producătorii de gaze sunt nerăbdători să semneze contracte pe termen lung pentru furnizare stabilă de gaze centralelor de producere a electricităţii. În plus, întărirea legăturilor între reţelele de gaze şi cele electrice poate oferi variate avantaje, pe măsură ce tehnologia informaţiilor uşurează gestionarea reţelelor.

Dar participanţii la piaţă vor trebui să fie atenţi la două aspecte primejdioase. În nordul Europei, vârful cererii pentru gaze coincide cu vârful cererii pentru energie electrică; în ianuarie 1996 această coincidenţă a făcut ca aproape să se întrerupă livrarea de gaze către centrale, punând în primejdie livrarea de energie electrică în Anglia şi Ţara Galilor. Pe de alte parte, dacă centralele pe gaze cu ciclu combinat din sistem produc mai mult decât nivelul de bază al cererii, unele centrale electrice trebuie să fie întrerupte şi vor trebui să plătească pentru cantităţile de gaze pe care nu le pot folosi. Centralele cu ciclu combinat prezintă deci şi unele dezavantaje, dar în final balanţa le este favorabilă, în special dacă se ia în calcul şi controlul emisiilor poluante.

Emisii poluante la producerea electricităţii şi căldurii

Activitatea care emite cea mai mare cantitate de bioxid de carbon în lumea dezvoltată este producerea de electricitate prin ardere de combustibili fosili. În Europa, este creditată cu 30 % sau chiar mai mult din emisia totală de bioxid de carbon. Ca şi transportul, sectorul producerii energiei electrice cunoaşte o cerere în continuă creştere. Totodată, de acest sector depinde din ce în ce mai mult o altă activitate: furnizarea de căldură. În Anglia, de exemplu, căldura şi electricitatea furnizează împreună mai mult de jumătate din cantitatea totală de emisii de bioxid de carbon. Electricitatea şi căldura pot fi produse în numeroase modalităţi, folosindu-se diferite surse primare şi diferite tehnologii. Reconfigurarea producţiei, distribuţiei şi folosirii energiei electrice (în unele cazuri şi a căldurii) oferă un potenţial semnificativ pentru reducerea emisiilor de bioxid de carbon rezultat din procesele de producţie, în special din arderea combustibilului fosil.

În afara avantajelor economice şi de sistem, centralele cu ciclu combinat oferă, faţă de centralele nucleare sau cele pe cărbuni, beneficii în ceea ce priveşte protecţia mediului. Nu pune nici una din problemele asociate tehnologiilor nucleare, nu emite oxid de sulf sau particule, iar emisia de oxid de azot poate fi menţinută la un nivel foarte scăzut. În plus, gazele naturale produc numai 60 % bioxid de carbon faţă de cărbune pe unitate de energie utilă; acest avantaj este sporit de înalta eficienţă a centralelor moderne, ajungând să fie redus la jumătate faţă de cărbune pe unitate de energie utilă. Dacă o centrală cu ciclu combinat este cu cogenerare, la producerea de căldură şi electricitate emisia de bioxid de carbon este de numai o treime sau chiar mai puţin faţă de emisia la producerea separată a electricităţii şi căldurii cu ajutorul unei centrale pe cărbune. Centralele cu ciclu combinat tind să fie preferate pentru producerea combinată de electricitate şi căldură, pentru că sunt relativ mici. UNIPEDE prevede că în anul 2000, mai mult de 50 000 MW vor fi produşi în companiile de electricitate şi în industrie în ţările Europei de Vest şi creşterea va continua. Liberalizarea va afecta, de asemenea, şi performanţele de mediu, prin impactul asupra eficienţei globale a sistemului, inclusiv la utilizarea finală a electricităţii, folosirea energiei nucleare şi a surselor noi. Acest impact este încă ambiguu, el depinzând de modul şi perioada de timp în care sectorul energiei electrice va fi liberalizat.

Impactul liberalizării pieţei energiei asupra producerii electricităţii şi a emisiilor poluante pe termen scurt

În analizele sale succesive asupra energiei în Europa, Comisia Europeană prevede o creştere continuă şi substanţială a folosirii energiei electrice, creştere ce trebuie acoperită în primul rând de către sistemele energetice centralizate. Cele patru scenarii pentru energia UE pentru perioada 1995 - 2020, publicate în primăvara anului 1996, includ o creştere medie de 1,0 până la 1,5 % pe an. Din acest punct de

vedere, Comisia este în esenţă de acord cu toate prognozele oficiale sau semioficiale nu numai pentru UE, dar şi pentru OECD şi, în final, pentru întreaga lume. În acelaşi timp, UE şi statele membre au adoptat conceptul de "dezvoltare durabilă", promulgat la Conferinţa ONU asupra Mediului şi Dezvoltării, care a avut loc la Rio în 1992, şi au lansat angajamente în acord cu acest concept. Este creşterea continuă a cererii de electricitate potrivită cu conceptul de "dezvoltare durabilă" ?

Unii specialişti din domeniul mediului privesc liberalizarea cu îngrijorare. În SUA, primele mişcări înspre liberalizarea electricităţii au fost întâmpinate cu o opoziţie vehementă din partea unor respectabile organizaţii pentru protecţia mediului, cum este Natural Resources Defense Council, care a argumentat că piaţa de tip concurenţial a energiei electrice va vicia controlul asupra protecţiei mediului. Când sistemul energiei electrice este un monopol reglementat strict, se poate controla impactul asupra mediului în mod direct, impunând folosirea "planificării integrării resurselor", a "managementului cererii de energie" (DSM) şi tehnicilor înrudite în vederea optimizării folosirii resurselor, îmbunătăţirii eficienţei energiei, sprijinirii resurselor regenerabile de energie şi micşorării afectării mediului. În SUA, această cale a impresionat publicul, din moment ce discuţiile s-au declanşat la începutul anilor'90. Din primăvara anului 1994, însă, a devenit evidentă necesitatea mişcării către liberalizare, restructurare şi deschidere spre o piaţă concurenţială în domeniul energiei electrice. Astfel, "planificarea integrării resurselor", "managementul cererii de energie (DSM)" şi alte tehnici au început să piardă teren. Consumatorii se vor orienta spre firmele care oferă electricitate la un preţ mai mic. Controverse asemănătoare vor apărea şi în Europa. Cum va afecta, de exemplu, liberalizarea sectorului energiei electrice eforturile UE de a satisface angajamentele luate prin semnarea Convenţiei Cadru Privind Schimbările Climaterice ? Preţuri mai mici pot mări cererea de energie electrică, dar şi emisia de gaze care provoacă efectul de seră. În aceste condiţii, atingerea obiectivelor politicii UE în domeniul energiei electrice poate determina subminarea altor obiective. Dar prezumţia inevitabilei deprecieri a mediului este totuşi prematură. În funcţie de modul în care va evolua, liberalizarea pieţei energiei electrice poate aduce beneficii în ceea ce priveşte impactul asupra mediului. Opoziţia organizaţiilor pentru protecţia mediului, înconjurător din SUA la liberalizarea sectorului energiei electrice, porneşte de la ideea că numai un monopol strict reglementat va acţiona în favoarea protecţiei mediului, atunci când organizaţia de reglementare va obliga în acest sens. O imagine alternativă sugerează că stimularea cointeresării este o variantă mai bună decât constrângerea prin legi şi ea ar conduce la o activitate cu adevărat durabilă.

Impactul liberalizării pieţei energiei asupra producerii electricităţii şi a emisiilor poluante, pe termen lung

Deocamdată, în procesul liberalizării pieţei energiei electrice, atenţia este focalizată pe aspectul instituţiilor, incluzând restructurarea, proprietatea, reglementarea, competiţia şi internaţionalizarea. Însă, pe de altă parte, este deja perceput un curent mai de profunzime, care câştigă teren. Liberalizarea va schimba şi configuraţia tehnică a sistemelor de energie electrică şi de aici impactul asupra mediului ambiant.

În secolul trecut, creşterea folosirii energiei electrice în toată lumea a avut la bază un model tehnic comun, dezvoltat pentru a beneficia de avantajele efectului de scară la producerea energiei atât pe bază de aburi, cât şi de apă. În baza acestui model electricitatea este produsă în centrale mari, transportată pe distanţe lungi, la tensiuni înalte şi distribuită la tensiuni mai mici consumatorilor, prin intermediul unei reţele unice. Întregul sistem, inclusiv echipamentul de utilizare a energiei care este conectat la această reţea, funcţionează ca o singură entitate, necesitând transportarea curentului alternativ (AC) în regim sincron, la o frecvenţă şi o tensiune strict controlate. Menţinerea stabilităţii sistemului impune specificaţii foarte stricte pentru tot ce este conectat la el şi încrederea într-o anume formă de control centralizat recunoscut ca prioritar de către toţi participanţii. Modelul tehnic de bază este comun tuturor sistemelor, în aşa de mare măsură încât cei ce fac politica energetică îl consideră unic. Dar, în Anglia, de exemplu, un nou principiu cheie al politicii energetice apare încă din 1987, şi anume că macrosistemul sincronizat în curent alternativ (AC), care trebuie în ultimă instanţă să fie sub un oarecare control pentru a fi menţinut stabil, poate fi împăcat cu o piaţă liberă, concurenţială, nu doar pentru câţiva ani, ci pentru mai multe decenii. Acest principiu este deschis discuţiei şi a generat deja tensiuni serioase. Reglementarea continuă, totuşi, să rămână greu de realizat şi de o complexitate bizantină. Proprietarii particulari de părţi ale sistemului au doar drepturi şi puteri limitate atât asupra funcţionării, cât şi a veniturilor. Organizaţia de reglementare alocă efectiv profiturile, satisfăcând în acest mod doar pe câţiva. Ce se va întâmpla după 1998, când arondările monopoliste sunt programate a fi abolite, este nesigur şi consecinţele pot fi surprinzătoare.

Istoric, atât economiile de scară, cât şi reglementatorul au încurajat producerea în centrale

electrice mari, la o eficienţă care rareori a depăşit 35 %, în locul producerii la locul unde este folosită. Structura tarifelor şi taxele de conectare au descurajat producerea la locul unde este necesară şi întotdeauna sistemul de producere pe bază de cărbune a generat probleme de depozitare, manevrare şi de personal. Aşa cum s-a arătat mai sus, aceste condiţii au fost schimbate. Liberalizarea sistemului a mărit proporţia producerii la faţa locului, folosindu-se sistemul de producere combinată a energiei şi căldurii, mărind eficienţa folosirii resurselor, reducând în acelaşi timp şi impactul negativ asupra mediului înconjurător. Folosirea gazului natural face producerea la scara micii industrii sau a clădirilor mari plauzibilă din punct de vedere economic. Din ce în ce mai multe companii de servicii din domeniul energetic se oferă să proiecteze, să construiască, să pună în funcţiune, să întreţină şi chiar să cofinanţeze unităţi de producere a energiei la faţa locului. În consecinţă, din 1990 producerea la faţa locului şi producerea combinată a energiei electrice şi a căldurii s-au dezvoltat considerabil în Europa, şi tendinţa continuă. Într-un context liberalizat, reglementat, producerea la faţa locului şi producerea combinată a energiei electrice şi a căldurii, nu numai pentru zona industrială, ci şi pentru clădiri cu birouri, spitale, centre comerciale sau alte aglomerări, poate deveni un concurent serios pentru sistemul cu centrale mari.

Producerea de energie electrică pentru uz local poate fi de asemenea extinsă pentru consumatorii din vecinătate. În Anglia, în aprilie 1996, guvernul a anunţat că din 1998 producătorilor locali li se va permite să asigure până la 1 MW direct consumatorilor rezidenţiali vecini şi până la 100 MW consumatorilor industriali din apropiere, măsură care va îmbunătăţi situaţia economică a producerii locale. În august 1996, unele rapoarte au arătat că multe spitale din Anglia, ţinând seama de împrejurări, au optat pentru folosirea generatoarelor de rezervă pentru vânzare de energie electrică; multe alte aşezări dotate cu generatoare de rezervă ar putea face la fel. Unii producători locali deja livrează energie electrică direct în sistemul de distribuţie de joasă tensiune. Această aşa-numită "generare încorporată" evită costurile sistemului şi pierderile asociate reţelei de înaltă tensiune; pe moment, însă, compania de electricitate primeşte cea mai mare parte a beneficiilor în locul producătorilor particulari, ceea ce reprezintă un punct de discordie pentru aceştia. Înţelegerile privind tariful vor elimina aceste beneficii locale şi vor mări atractivitatea producţiei locale.

Răspândirea în continuare a acestor principii poate să conducă la renaşterea producţiei şi distribuţiei de curent continuu (DC). Curentul alternativ (AC) sincron, deşi mai complex din punct de vedere tehnic şi mai pretenţios, este mai potrivit pentru producţia pe scară mare în centrale pe aburi sau apă şi pentru alimentare la distanţă mare. Apariţia producţiei la faţa locului va compensa oricum aceste avantaje particulare. Mulţi din consumatorii aferenţi sistemelor electrice din anii'90 necesită curent continuu (DC) - toate aparatele electronice de exemplu; şi mulţi alţii pot funcţiona tot atât de bine şi în curent continuu şi în curent alternativ.

Mai mult, unele din cele mai promiţătoare inovaţii în tehnologiile de producere a electricităţii, inclusiv celulele fotovoltaice, fără să mai menţionăm celulele de combustie, asigură curent continuu; turbinele eoliene pot produce mai uşor curent continuu decât curent alternativ.

Asemenea sisteme de reţele locale vor oferi o eficienţă sporită şi un mai mare control local al energiei electrice, incluzând producerea, distribuţia şi utilizarea. Rapida expansiune a tehnologiilor de informare va facilita acest proces. Dorinţa de a micşora vârful sarcinii şi a reduce capacitatea instalată de producţie va stimula eforturile de a echilibra producţia şi consumul la cel mai înalt grad de eficienţă posibil la nivelul sistemului. Sistemele locale vor oferi oportunităţi de afaceri pentru companii de servicii în domeniul energiei, companii capabile să proiecteze, să instaleze, să pună în funcţiune şi să întreţină sistemul local, inclusiv echipamentele de utilizare a energiei . Vor apărea astfel stimulente comerciale pentru proiectarea de sisteme care să includă clădiri noi sau modernizate, precum şi echipamente de înaltă eficienţă, care să ofere servicii fiabile şi de bună calitate odată cu micşorarea cererii pentru energie electrică şi combustibil.

Implicaţii asupra politicilor energetice

Asemenea reconfigurări tehnice vor ajuta la reducerea emisiilor de bioxid de carbon şi a altor factori de poluare a mediului, nu prin edict central, ci ca rezultat al unor decizii de afaceri luate pentru motive comerciale sănătoase.

Nu se va întâmpla peste noapte, nici în câţiva ani, dar într-o perioadă de 25 până la 50 de ani va fi nu numai plauzibilă, ci şi atractivă. Deocamdată, în contextul liberalizării pieţei energiei electrice, multe din deciziile importante vor putea fi luate de oamenii de afaceri şi din industrie, astfel încât să corespundă şi intereselor comerciale. Însă natura şi ritmul unei asemenea tranziţii depind în mare măsură de politica guvernelor, incluzând:

- calea prin care, continuând liberalizarea, legislaţia asigură cadrul care să reflecte întreaga valoare a producerii descentralizate şi să încurajeze

activitatea companiilor de servicii în domeniul energetic;

- regimuri de finanţare şi taxe care să afecteze investiţiile în domeniul energiei electrice pe diferite perioade de timp;
- dezvoltarea cercetării şi tehnologiei şi sprijinul pieţei pentru încurajarea continuă a dezvoltării tehnologiilor de producere relevante, incluzând şi mecanismele care să ajute tehnologiile mai puţin dezvoltate acum, ca energia din biomasă şi celulele solare;
- măsuri care să afecteze preţurile relative, ca taxele sau permisele negociabile pentru emisii; acestea vor contribui la internalizarea costurilor mediului şi vor accelera o tranziţie spre o energie mai curată şi stocuri de căldură.

Pe termen mai lung, asemenea dezvoltări, combinate cu liberalizarea susţinută, vor avea importante implicaţii în domeniul emisiilor care produc efectul de seră şi al altor factori care poluează mediul. În asemenea sisteme liberalizate şi descentralizate, mici turbine pe gaze, celule de combustie, fotovoltaice sau alte tehnologii modulare la scară mică vor oferi electricitatea necesară unor clădiri, cu un randament mare, sau altor echipamente din apropiere, asigurând şi căldură atunci când este necesar. Unităţi de producere la scară mică, modulare, diversificate şi dispersate, folosind surse de energie regenerabilă locale, vor asigura reţeaua locală. Consumatorii industriali mai mari vor putea alege între posibilitatea de a produce la faţa locului, atât energie electrică, cât şi termică, prin tehnologii bazate pe gaze sau biomasă sau electricitate non-fosilă din variate surse aflate dincolo de graniţele naţionale sau de peste ocean. Disponibilitatea şi preţul gazelor naturale în astfel de perioade de timp sunt nesigure. Oricum, pentru că oferă o eficienţă mult mai mare, astfel de configuraţii nu necesită o cerere foarte mare de gaze naturale.

Mai mult, resursele de gaze disponibile acum în Europa sunt foarte mari. Înainte ca alimentarea cu gaze să fie serios limitată, tehnologiile care acum par limitate vor deveni disponibile pe baze comerciale, ca cea fotovoltaică sau valorificarea surselor regenerabile la distanţe mari. Dacă industria energiei electrice din Europa evoluează pe această cale, şi alţii vor urma calea progresului. Multe alte zone ale lumii se confruntă cu probleme majore în domeniul energiei electrice. Ele vor fi nerăbdătoare să beneficieze de succesul experienţei europene, deschizând astfel posibilităţi pentru comerţul global cu inovaţii în tehnologiile şi serviciile din domeniul energiei.

Concluzii

În anii '90 liberalizarea pieţei energiei electrice este în mod uzual privită ca o bătălie economică între interese industriale şi ideologii, oglindită în particularităţile şi detaliile reglementărilor şi în disputele asupra condiţiilor de acces. Această lucrare şi-a propus să depăşească detaliile şi orizonturile de moment, pentru a argumenta că liberalizarea are şi implicaţii strategice potenţiale pentru energia europeană, are influenţă asupra mediului ambiant şi asupra înţelegerilor internaţionale. Liberalizarea poate însemna şi sfârşitul investiţiilor în centrale mari de generare a electricităţii, în mod special în cele pe cărbune sau cele nucleare. În schimb, producerea poate deveni mai diversă, descentralizată şi dispersată, mult mai aproape de locul unde este folosită, sub control local în mai mare măsură. Atingerea optimului global în eficienţa sistemului va fi un obiectiv economic, dar se va răsfrânge şi asupra protecţiei mediului, ceea ce va aduce beneficii comerciale celor implicaţi nu numai din Europa, ci din toată lumea. În următoarele decenii, tipuri de dezvoltare ca cel schiţat mai sus pot reduce emisiile de bioxid de carbon rezultate din arderea combustibililor fosili pentru producerea electricităţii şi căldurii, până la o mică fracţiune din valorile prezente, cu beneficii economice globale. Serviciile din domeniul electricităţii sunt caracteristica esenţială a societăţii moderne. Realizarea dezvoltării durabile, în Europa şi în toată lumea, presupune obţinerea "electricităţii durabile". În ciuda temerilor celor sceptici, liberalizarea sectorului energiei electrice poate deschide acest drum.

OPORTUNITĂŢI DE COMPETIŢIE, DEZVOLTARE ŞI AFACERI ÎN SECTORUL ENERGIEI ELECTRICE. ROLUL PRODUCĂTORILOR INDEPENDENŢI DE ENERGIE

prof. dr. ing. VIRGIL MUŞATESCU
Banca Europeană pentru Reconstrucţie şi Dezvoltare

Pornind de la câteva concepte cheie folosite în sectorul energetic, articolul încearcă să identifice oportunităţile de competiţie, dezvoltare şi afaceri din perspectiva restructurării sistemului energetic al României.

Noua structură va permite existenţa unor producători independenţi de energie (PIE), care ar putea modifica întreaga viziune asupra domeniului. În legătură cu această problemă, articolul identifică şi discută diferite categorii de risc şi felul în care acestea pot fi împărţite în conformitate cu structura sistemului. Acest lucru este esenţial pentru dezvoltarea ulterioară a PIE din România şi poate schimba modul în care sunt percepute noile proiecte, mai ales, în contextul bugetului central de austeritate şi al încercării de a îmbunătăţii atractivitatea sectorului pentru investitorii particulari.

Starting with some theoretical key concepts used in power sector, the article tries to identify the opportunities of competition, development and business in the perspective of Romanian energy system restructuring.

The new structure will allow the existence of Independent Power Producers (IPP), which can change the philosophy of the whole business. Connected to this issue, the paper identifies and deals with different categories of risk, and how this risk can be shared depending on the system structure. That is essential for the IPP next development in Romania and can change the atractiveness of the new projects, especially, in the context of central budget austerity and the attempt of improving sector attractiveness for private investors.

Descriptori: producători independenţi de energie, marketing energetic

Câteva elemente teoretice. Noţiuni cheie: monopol natural, competitori etc.

Noţiunea economică de monopol a avut, în cadrul industriilor de infrastructură, o exemplificare clară. O bună bucată de vreme s-a considerat că toate activităţile legate de producerea, transportul, distribuţia şi furnizarea formei respective de energie pot fi considerate monopoluri naturale. În sectorul energiei electrice, existenţa simultană în lanţul transformărilor energetice a tuturor acestor funcţiuni a făcut ca studiul fenomenelor economice să fie făcut global, cu distorsiunea corespunzătoare şi cu dezvoltarea structurală a sectorului aferentă acestei distorsiuni, materializată prin existenţa utilităţilor de tip monopol integrat vertical şi orizontal.

În cele ce urmează, în scopul argumentării pătrunderii sectorului privat în cadrul sistemului energetic, se vor utiliza noţiunile economice clasice legate de caracteristicile monopolurilor naturale, în opoziţie cu acele părţi ale sistemului care pot fi identificate a nu fi monopoluri naturale. În acest sens, transportul şi distribuţia prezintă elemente de monopoluri naturale prin economiile de scară pe care le incumbă, prin factorii de mediu care sunt perturbaţi şi prin costurile ridicate de intrare a eventualilor competitori.

O componentă deosebit de interesantă o reprezintă funcţia de producere de energie electrică. Vom arăta că ea nu reprezintă un monopol natural şi - plecând de aici - trebuie să permită penetrarea - pentru binele societăţii - a competitorilor.

Teoria economică clasică (v. de exemplu [1, 2 şi 3]) defineşte monopolul natural drept acea activitate a cărei realizare de către o singură firmă este mai economică decât dacă ar exista două sau mai multe firme (pentru o abordare mai nuanţată, a se vedea [4]). Cu alte cuvinte, curba costurilor marginale este inferioară curbei costului mediu pe termen lung (curbele 1 şi 4 din figura 1). O distincţie importantă este cea care se referă la monopolul natural **permanent** faţă de cel **temporar**. Curba 1 din figura 1 ilustrează cazul monopolului natural permanent. Cheia este aceea că pe termen lung costul mediu scade continuu cu creşterea producţiei (în cazul nostru, cu energia electrică generată). Nu are importanţă cât de mare este cererea pieţei, pentru că o singură firmă poate satisface

această cerere. Un monopol natural temporar este ilustrat prin curba 2 sau curba 3. Costul specific mediu pe termen lung are o scădere la început, până la o anumită valoare a energiei produse (cantitatea Q*), urmând apoi un palier de valoare constantă sau chiar o creştere. Dacă exemplificăm prin companiile de electricitate, acestea au în componenta de generare atât centrale performante, care utilizate la o încărcare sporită au eficienţă crescută, cât şi centrale vechi cu randamente scăzute. Dacă cererea de energie este moderată, ea este acoperită atât în orele de bază, cât şi în cele de vârf, prin centrale performante, dar, odată cu creşterea cererii de energie, firma este obligată să utilizeze grupuri din ce în ce mai puţin performante, ceea ce face ca implicit curba costului specific mediu să fie ascendentă (curba 3 din figura 1). Deci caracterul de monopol natural se păstrează doar până la nivelul unei anumite cereri , pentru care - odată cu dezvoltarea acelui sistem energetic - producerea de către aceeaşi firmă a întregii cantităţi este neeconomică pentru societate. Se mai spune că există monopol natural până unde funcţia de cost este **subaditivă.**

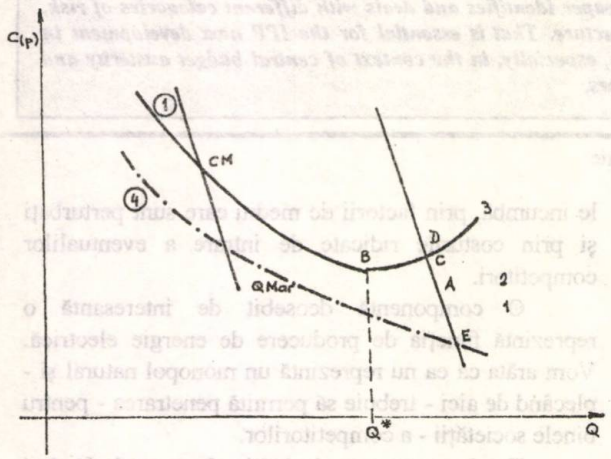


Fig. 1.

Este evident că până la valoarea Q* este neeconomic pentru orice competitor să penetreze pe piaţă, deci monopolul este ***durabil*** în intervalul [0, Q*] şi ***nedurabil*** peste valoarea Q*. Este clar că factorul tehnologic şi cel managerial sunt esenţiali, ei impunând o anumită formă şi structură a curbei costului specific mediu, adică a eficienţei monopolului.

Dar ce se întâmplă în cazul în care un competitor cu o eficienţă cel puţin la fel de mare cu cea a monopolului în zona sa ascendentă (fig. 2) doreşte să intre pe piaţă ? În situaţia ideală, în care mediul legislativ nu blochează acest lucru, rezultă că pentru un consum mai mare decât Q*, de exemplu Qc, cel mai avantajos pentru societate ar fi ca monopolul să producă cantitatea Q*, iar noul intrat pe piaţă să suplimenteze furnizarea cu cantitatea Qc-Q*. Dacă monopolul ar produce Qc, preţul de vânzare mediu al energiei ar trebui să fie cel puţin ordonata punctului B, ceea ce înseamnă că societatea ar plăti în plus echivalentul ariei suprafeţei ABC. Aceasta o reprezintă aşa-numitul *cost evitat* pentru societate. În concluzie, apariţia celui de al doilea competitor, care ar lucra nu neapărat în cele mai bune condiţii, preluând numai un mic segment al pieţei, competitor care nu lucrează în zona cea mai favorabilă a costurilor sale (minimul curbei se găseşte la Q") şi care chiar nu are neapărat o tehnologie deosebit de performantă (a se observa că nu s-a impus ca minimul curbei CM2 să fie inferior lui CM1), duce la avantaje clare pentru societate.

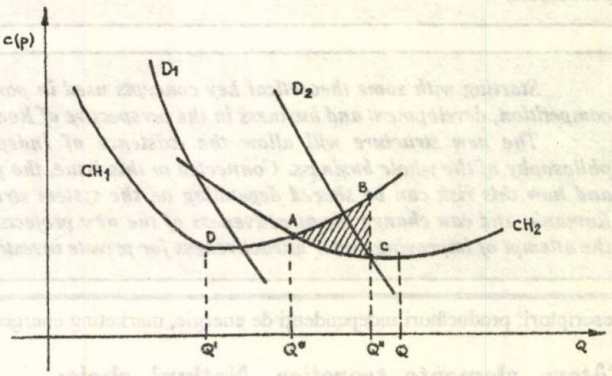


Fig. 2

De la teorie la practică este, ca întotdeauna, o distanţă mare

Oare componenta de generare a Regiei Autonome de Electricitate (RENEL) se găseşte într-o asemenea situaţie sau nu? Este benefic pentru societatea românească ca pe piaţa de producere de energie să apară producători independenţi de energie electrică sau/şi termică (PIE)? Nu sunt suficienţi actualii autoproducători, care însumează circa 5 % din piaţa de energie electrică ?

RENEL a fost infiinţată în 1990, printr-o Hotărâre de Guvern, în baza legii de organizare a regiilor şi societăţilor comerciale, ca o regie autonomă de importanţă strategică pentru România, fiind atunci, şi rămânând încă, cea mai mare entitate de acest fel, chiar dacă o parte din activităţile iniţiale s-a desprins de activitatea de bază legată de producerea, transportul, distribuţia şi furnizarea de energie electrică şi termică produsă prin cogenerare. Prin integrarea sa

verticală şi orizontală, RENEL deţine practic 95 % din piaţa de energie electrică şi 40 % din cea de energie termică. Este evident monopolul care decide totul pe această piaţă, chiar în situaţia reglementării activităţii sale de către stat. Proprietatea statului generează un mediu paradoxal pentru RENEL: în principiu, se acceptă situaţia de facto a RENEL, fără o presiune corespunzătoare asupra costurilor şi astfel nu se generează stimulentele necesare pentru eficientizarea activităţii, uneori acordându-se diverse subvenţii directe sau încrucişate, iar - pe de altă parte - regia este folosită ca tampon pentru blocajul economic şi ca instrument pentru îndeplinirea unor promisiuni de protecţie socială, chiar cu preţul unor pierderi economice masive, care până la urmă sunt plătite tot de societate. Este evident că o asemenea încorsetare duce la negarea raţiunilor iniţiale ale existenţei unui monopol.

Există, în plus, alte motive care fac ca pierderile pentru societate să fie mai mari decât cele apreciate în diagramele teoretice prezentate anterior:

➢ Monopoliştii "se îngraşă" şi, de aceea, devin "leneşi". Motivul este că monopolul, izolat de rigorile concurenţei, poate deveni ineficient. Monopolurile au fost, de asemenea, criticate că sunt lente în adoptarea ultimelor tehnologii, sunt rezistente la dezvoltarea inovaţiilor în domeniu, pentru că, aşa cum spunea un economist britanic, J. H. Hicks: "Cel mai bun lucru din toate beneficiile unui monopolist, îl reprezintă viaţa liniştită".

➢ Monopoliştii consumă resurse încercând să-şi păstreze poziţia de monopol. Costurile dedicate pentru menţinerea poziţiei de monopol sunt pierderi sociale, pentru că folosesc resurse limitate, dar nu adaugă nici o unitate producţiei.

➢ Monopolurile de stat pot fi instrumente pentru discriminări din punctul de vedere al preţurilor, ceea ce distorsionează însăşi piaţa. Există consumatori care sunt benefici pentru structura de producţie a energiei electrice, dar care nu pot primi tarife flexibile şi stimulatoare, din cauza unor reglementări prea rigide. Elasticitatea cererii fiind diferită pentru diferite categorii de consumatori industriali, de exemplu, duce la necesitatea unei abordări diferenţiate a acestora, ceea ce este rar întâlnit la un monopol. De altfel, el nu simte nevoia să solicite modificarea cadrului de reglementare care să-i permită această abordare, pentru că, oricum, îşi recuperează costurile prin preţurile unice impuse de stat.

O altă problemă importantă o reprezintă dezvoltarea sistemului energetic în sine. Acesta este intensiv consumator de capital, iar, datorită faptului că durata de execuţie a obiectivelor energetice este mare, decizia trebuie luată cu mult timp înainte. În principiu, monopolul îşi poate asigura banii necesari pentru a-şi dezvolta producerea în ritmul cerut. Din nefericire nu este situaţia RENEL-ului. În toţi anii de la înfiinţarea sa, datorită unei rate a profitului foarte scăzute, regia nu a putut să se bazeze pe propriul profit în procesul de dezvoltare. S-a construit un alt instrument: aşa-numita taxă de dezvoltare, dar această sursă, ca şi prima , depinde esenţial de ritmul încasărilor, care este mult întârziat datorită blocajului economic cronic al economiei româneşti. În acest sens, RENEL a ajuns să fie cel mai mare creditor la dobânzi real negative al economiei româneşti. Singura subvenţie directă a fost dată din bugetul central pentru construirea centralei Cernavodă, permiţând punerea în funcţiune a grupului 1.

Ajustarea preţului energiei electrice şi termice la o valoare corelată cu costurile combustibililor şi cu rata de schimb a dolarului nu s-a mai făcut din 2 iunie 1996. Acest lucru a făcut ca RENEL-ul să înregistreze pierderi imense, ceea ce a afectat fundamental programul de modernizare a unor unităţi şi viitoarele investiţii. Mitul supracapacităţii, indus de cifrele nerealiste ale puterii instalate în sistemul naţional şi ajutat de recesiunea economică, a fost spulberat în 1995, când la vârf surplusul de putere, luând în considerare şi rezerva de putere, a fost de numai 81 MW.

Făcând o apreciere moderată a necesarului de energie în viitorii ani [5], fără să se apeleze la unele consideraţii mai optimiste dependente de dorinţa României de integrare în structurile europene [6], se ajunge în următorii 5 ani la un necesar de capital situat în intervalul 2,9 - 5,5 miliarde de dolari 1995. Se pune întrebarea legitimă: cine va acoperi acest necesar ? Este actualul monopol capabil să genereze aceşti bani ? Structura actuală permite o asemenea dezvoltare pentru sistemul energetic ?

De la bun început trebuie arătat că, aflat încă în situaţia unor costuri care să acopere preţurile şi în situaţia recuperării tuturor pierderilor acumulate până acum, RENEL nu poate genera, în scopul dezvoltării, mai mult de circa 300 milioane dolari pe an. Ceea ce înseamnă o perioadă de 9 - 10 ani pentru a acoperi necesarul de capital în cazul scenariului minim. O soluţie ar fi creditarea prin instituţii financiare interne

sau internaţionale. Prima variantă este dificil de aplicat în această perioadă din cauza sistemului bancar românesc, care nu a atins o asemenea forţă. Sursele bancare externe solicită garanţii puternice, de obicei guvernamentale, ceea ce pune alte probleme legate de nivelul datoriei externe, emisiunile de obligaţiuni pe piaţa internaţională de capital sunt limitate, au termene scurte de maturitate, iar dobânzile sunt relativ mari.

În concluzie, pentru sistemul energetic românesc apare ca o necesitate, legată de avantajele economice şi financiare, penetrarea, în primul rând în componenta de producere, a sectorului privat, sub forma producătorilor independenţi de energie.

Cu ce ar schimba apariţia PIE filosofia sistemului energetic ?

Nu este scopul acestei lucrări de a discuta argumentele pentru o anumită opţiune de restructurare a sistemului energetic naţional (modele ca "cumpărător unic", "accesul celei de a treia părţi la reţea", "piaţa concurenţială" sunt prezentate exhaustiv în lucrarea [7]). Ce vrea să demonstreze această lucrare este faptul că, indiferent de forma viitoare a sistemului, apariţia PIE este necesară şi chiar numai această modificare a formei de proprietate şi a actorilor pieţei de energie duce la schimbări importante în filosofia modului de abordare a actului de generare a energiei electrice.

Folosind date ale activităţii RENEL din primul semestru al anului 1995 [7], care sunt mult mai favorabile decât cele actuale, inferioare din cauza neajustării la timp a preţurilor, rezultă un cost specific de generare pentru RENEL de circa 23 USD 1995/MWh pentru o producţie de până la 9 TWh, cu o creştere continuă până la circa 30 USD 1995/MWh la o producţie de 19,7 TWh, respectiv 95 USD 1995/MWh la 30 TWh. Este evident că în zona de peste 20 TWh, RENEL nu mai este un monopol durabil, apariţia PIE aducând avantaje pentru economia românească, dacă se folosesc cicluri combinate cu cogenerare, respectiv peste 23 TWh, dacă PIE folosesc cicluri combinate doar pentru producerea de energie electrică. Pentru alte tipuri de centrale, începând cu cele hidro şi cele nucleare, există clare zone avantajoase.

În aceste condiţii, care ar putea fi potenţialii candidaţi pentru PIE? Evident, în primul rând noii producători, dar şi unele din centralele în construcţie, pentru care RENEL şi statul nu au suficienţi bani. În al doilea rând, o serie de centrale desprinse din RENEL şi care pot fi privatizate în scopul modernizării şi chiar măririi capacităţii lor. O formă interesantă o reprezintă concesionarea unor activităţi cum ar fi cele de producere de energie electrică şi termică, pentru realizarea de noi centrale prin "finanţare de proiect" prin contracte de tip BOO, BOT, BOOT, FDOOT sau variante ale acestora. O altă alternativă viabilă o reprezintă firmele "mixte", chiar cu componenţa RENEL, dar majoritar private, ceea ce ar face ca activitatea lor să fie orientată spre eficienţă sporită. În sfârşit, noua entitate nucleară va dezvolta mediul concurenţial.

O abordare generală a penetrării sectorului privat sub diverse forme se prezintă în lucrarea [8]. Conform acesteia, privatizarea utilităţilor publice şi a industriilor de infrastructură, cum este electricitatea, (dar similar şi telecomunicaţiile, gazul natural, alimentarea cu apă, porturile, aeroporturile şi drumurile), ridică probleme complexe, care nu se aplică altor industrii. Aşa cum s-a arătat, aceste industrii au următoarele caracteristici:

- sunt, în mod tipic, mari şi intensive din punctul de vedere al capitalului;
- sunt esenţiale pentru funcţionarea sănătoasă a economiei şi - de aceea - deseori privite ca strategice;
- părţi ale lor sunt monopoluri naturale, în care competiţia este practic imposibilă;
- din motive în special politice, adoptă preţuri scăzute, de obicei controlate centralizat, care deseori duc la pierderi;
- introduc importante subvenţii directe sau încrucişate, care au consecinţe importante asupra bugetului central şi introduc distorsiuni asupra pieţei produselor respective.

De obicei, privatizarea lor presupune cel puţin patru etape:

✔ Introducerea concurenţei prin separarea părţilor monopoliste de părţile concurenţiale, permiţând noilor firme să intre în părţile competitive şi restructurarea părţilor monopoliste.

✔ Stabilirea cadrului legislativ şi instituţional pentru o corectă reglementare a preţului şi calităţii în zonele monopoliste.

✔ Comercializarea întreprinderilor, ceea ce implică crearea de întreprinderi care, deşi încă publice, sunt similare în structură şi mod de funcţionare cu întreprinderile private.

✔ Atragerea participării sectorului privat prin aranjamente de concesiune sau prin privatizare

(vânzare către investitorii strategici, privatizare de masă, sau o combinaţie a acestora).

Atragerea sectorului privat în afaceri de producere de energie electrică poate, din nefericire, să rămână un deziderat, fără o înţelegere profundă a faptului că în acest caz se produce o nouă alocare a riscurilor, ceea ce, practic, modifică filosofia de reglementare a sistemului. De aceea, prezenta lucrare încearcă o abordare mai puţin obişnuită, şi anume introducerea unei analize calitative de risc în aprecierea condiţiilor de atragere a sectorului privat în sectorul energetic.

Trebuie remarcat de la bun început că definiţia riscului combină două elemente importante: conceptul de şansă sau probabilitate, dar şi ideea de pierdere. Evident, PIE îşi permite participarea la această afacere, ţinând seama de cele două elemente: un câştig potenţial, dar şi posibilitatea unei pierderi.

Un PIE tipic din sectorul energiei electrice achiziţionează active sub formă de centrale electrice, bunuri sub formă de combustibili şi materii prime, dar şi servicii sub formă de forţă de muncă, inginerie etc. El atrage investiţii sub formă de credite sau capital, pentru care trebuie să recompenseze investitorii printr-un flux de plăţi de dobânzi sau dividende, sau prin reevaluarea valorii acţiunilor. Aceste tranzacţii de achiziţie se numesc ***tranzacţii în amonte***. Compania are nevoie de venituri, pe care le câştigă prin vânzarea unui volum specific de servicii în sfera energiei electrice către consumatorii săi la un preţ care acoperă costurile şi îi permite obţinerea unui venit - ***tranzacţii în aval***. Pe toată perioada fiecărui tip de tranzacţie, companiile se confruntă cu riscuri: comerciale, financiare şi fizice.

♦ **Riscul de afacere (comercial)** înglobează toţi factorii care influenţează pe ansamblu probabilitatea ca viitoarele presupuse beneficii ale investitorilor sau ale altor deţinători de acţiuni să nu fie realizate din cauza naturii afacerilor firmei respective. Pentru SEN, riscul activităţii comerciale este format din riscul fundamental al pieţei şi alte riscuri de afacere ce sunt specifice sau unice pentru compania considerată. Indiferent de cauza care îl produce , riscul de piaţă se manifestă în două forme: riscul de preţ şi riscul de volum. Primul este asociat cu instabilitatea preţurilor, în timp ce al doilea se referă la cererea de energie electrică. Ambele există atât în tranzacţiile din amonte, cât şi în cele din aval. Contractele pentru furnizarea combustibilului, în mod deosebit cele pe termen lung, cu obligaţii "take or pay", sunt exemple tipice "amonte", ce conţin ambele tipuri de risc. Reducerea cererii de energie electrică sau reducerea preţurilor datorate eforturilor de menţinere a cotaţiilor acţiunilor pe o piaţă competitivă sunt exemple "aval" pentru riscul de preţ şi de volum.

În privinţa cauzelor care produc aceste riscuri, factorii necontrolabili ce afectează piaţa de energie includ ciclicitatea de bază a economiei şi fluctuaţiile rezultate în cererea de energie, elasticitatea preţului, presiunile inflaţioniste asupra costurilor, preţurilor şi fluxurilor de lichidităţi, condiţiile pieţei de combustibil, condiţiile pieţei pentru forţa de muncă şi materii prime. Alte riscuri în afaceri le includ pe cele asociate tehnologiei utilizate sau riscului îmbătrânirii tehnologiei (risc de tehnologie), pe cele de reglementare (risc de reglementare) şi pe cele ale intervenţiei guvernamentale (risc politic).

Dintre acestea, în mod special este interesant pentru SEN riscul tehnologic, care este asociat alegerii tehnologiei de producere şi transport al energiei electrice. Problemele legate de tehnologie sunt de două feluri: fiabilitatea şi performanţa tehnologiei, respectiv, îmbătrânirea acesteia în timp. Infrastructura centralelor de producere a energiei electrice (şi a sistemelor de transport) reprezintă investiţii pe termen lung, a căror durată de viaţă este de 30 - 40 de ani, centralele hidro şi cele nucleare chiar mai mult. Alegerea unei anumite tehnologii este făcută pe baza opţiunilor disponibile în momentul în care este luată decizia. Schimbările rapide ale tehnologiei pot face ca tehnologia să se învechească rapid, dar şi reversul este adevărat: o tehnologie foarte nouă, insuficient testată, poate duce la rezultate necorespunzatoare în exploatarea ulterioară.

♦ **Riscul financiar** provine din metoda utilizată de un PIE pentru finanţarea investiţiilor sale şi este reflectat în structura sa de capital. Acest tip de risc se referă la instabilitatea suplimentară a profiturilor disponibile pentru distribuirea către proprietari sau acţionari şi provine din faptul că o mare parte a activelor companiilor este finanţată prin costuri fixe, cum ar fi împrumuturile sau acţiunile preferenţiale. Capitalul de costuri fixe poate crea un risc suplimentar, datorat obligaţiilor contractuale asociate cu rambursarea sumei împrumutate şi a dobânzilor, înaintea deducerii oricărui beneficiu către acţionari. De altfel, în privinţa modului de folosire a fondurilor obţinute din vânzarea de energie electrică şi termică se

aplică o recuperare "în cascadă": întâi asigurarea şi taxele, apoi este plătit combustibilul şi se acoperă costurile de operare şi întreţinere, se plătesc dobânzile şi ratele împrumuturilor, precum şi partea principală a acestora şi abia la sfârşit se asigură dividentele pentru acţionari.

♦ **Riscul fizic.** Companiile sunt supuse riscurilor fizice, ca urmare a avarierii activelor fizice în urma unor evenimente neprevăzute sau hazardului natural. De obicei, utilităţile din sectorul energetic îşi proiectează sistemele la un nivel de redundanţă ce la permite să facă faţă în multe situaţii de urgenţă.

Structura SEN şi efectele ei asupra riscului

Având în vedere cele de mai sus, apar ca legitime o serie de întrebări: cine îşi asumă toate aceste riscuri, cum influenţează forma de proprietate şi - implicit - structura SEN mărimea acestor riscuri, deci cum dezvoltă cadrul instituţional stimulentele pentru dezvoltarea afacerilor din industria energiei electrice şi termice, care sunt noile dezvoltări şi care sunt efectele acestora asupra riscurilor?

Pentru a se răspunde la aceste întrebări, unele puternic controversate, s-au scris o serie de articole şi cărţi. Nu citez aici decât lucrările [9, 10, 11 şi 12], care abordează separat unele dintre aceste probleme. Prezenta lucrare încearcă să globalizeze răspunsurile şi să dea o interpretare caracteristică SEN românesc.

O companie de electricitate, indiferent că are o poziţie de monopol sau este un PIE, are intrări şi ieşiri. Principalele intrări sunt capitalul, forţa de muncă, tehnologia şi combustibilul. Ieşirile sunt serviciile, sub forma capacităţilor de producţie sau a energiei oferite spre vânzare utilizatorilor finali. Compania îşi împarte riscurile cu: clienţii, investitorii (incluzând creditorii şi deţinătorii de acţiuni), furnizorii de energie, materii prime, servicii, combustibili şi tehnologie şi, nu în cele din urmă, cu angajaţii. Participanţi cu greutate sunt şi guvernul şi reglementatorii.

Consumatorii mici (rezidenţiali şi comerciali), care sunt "captivi" pentru orice structură a SEN, nu au posibilitatea de a opta pentru o formă alternativă de energie sau pentru o altă variantă de furnizare şi sunt caracterizaţi prin preţuri neelastice. În opoziţie, marii consumatori comerciali şi industriali pot avea alternative în funcţie de structura SEN, tinzând spre o mai mare elasticitate a preţurilor şi permiţând diminuarea riscurilor lor de operare.

Investitorii îşi împart riscul, în funcţie de tipul lor: creditori sau/şi deţinători de acţiuni. În cazul monopolului de stat se face un transfer de risc către guvern şi contribuabili. În multe din aceste cazuri, dacă bugetul central nu acoperă integral investiţia sau dacă investiţia nu este realizată din fonduri speciale, cum ar fi taxa de dezvoltare a SEN în România, guvernul este chemat să depună garanţii pentru credite sau să acopere pierderile în exploatare. În toate aceste cazuri, riscul este transmis asupra consumatorilor sau plătitorilor de taxe, adică practic asupra întregii societăţi. De aceea, parteneriatul şi controlul guvernului pentru un astfel de monopol pot avea - pe lângă unele aspecte pozitive de control asupra activităţii monopolului - şi un impact negativ. Când un guvern nu permite unei utilităţi să-şi recupereze în totalitate costurile, din motive politice ca antiinflaţia sau protecţia socială, lichidităţile companiei pot fi afectate negativ şi se pot produce pierderi.

Monopolurile integrate private sunt supuse - în general - unei forme de reglementare. Din perspectiva riscului, există două elemente noi atunci când utilitatea este proprietate privată: acţionarii şi autoritatea de reglementare. Acţionarii firmei au două obiective [9]: să-şi maximizeze profitul şi să transfere maximum posibil de risc în sus, către furnizori, sau în jos, către consumatori. Autoritatea de reglementare mediază între interesele acestora şi cele ale plătitorilor de impozite. Cerinţa de preţ "just şi rezonabil" este menită să distribuie riscul între proprietar şi consumator, iar impozitele sunt astfel dimensionate încât să permită companiei de electricitate să genereze suficiente venituri care să-i acopere costurile de exploatare şi obligaţiile financiare şi să permită acţionarilor să câştige un profit din investiţia făcută corespunzător riscului la care este expusă compania.

Situaţia pieţei competitive mai puţin sau mai mult extinsă este mai complexă. Spre deosebire de situaţia monopolului privat, unde preţul este un element de compromis, în cazul apariţiei PIE, prin faptul că apare un cost evitat pentru societate (v. figura 2), preţul poate fi inferior. În plus, riscul poate fi preluat în mare măsură de PIE, datorită costului mic de producţie şi deci unui profit probabil mai ridicat. Creşterea concurenţei pe pieţele de energie electrică poate fi regăsită în general în două categorii: competiţia pe pieţele cu vânzare de mari cantităţi la nivel de producere ("whole sale") şi competiţia pentru furnizarea serviciilor cu amănuntul ("relail").

Este interesant de remarcat că, pentru utilitatea parţial sau chiar total integrată, apariţia PIE duce la scăderea unora dintre riscuri, pentru că prin cumpărarea de energie electrică se reduce riscul asociat construcţiei, deţinerii şi exploatării centralelor electrice. Iar dacă este posibil pentru companie să obţină în avans avizul autorităţilor de reglementare pentru termenii contractelor de furnizare, riscul de reglementare este sensibil redus [13]. Este, de asemenea, de remarcat faptul că şi PIE beneficiază în acest caz, ei având un risc mai mic de reglementare obţinut prin utilizarea unor contracte de "trade off" pe termen lung. În plus, riscurile financiare şi cele comerciale se pot şi ele atenua prin diversificare geografică.

Accesul deschis la reţea (TPA) măreşte, conform [9], spiritul concurenţial, permiţând mobilitatea şi concurenţa între utilităţi şi PIE, iar din perspectiva riscului, producătorii şi utilităţile cu costuri marginale de producţie reduse şi o puternică poziţie concurenţială vor fi capabili să vândă mai mult din producţia lor şi să menţină limite sănătoase în exploatare şi profitabilitate, adică cei mai puţin eficienţi vor face faţă riscului capacităţilor neutilizabile şi investiţiilor inutile.

Dacă vorbim despre situaţia extremă, şi anume cea a sistemului Angliei şi al Ţării Galilor, una din criticile aduse o reprezintă observaţia că nivelul instabilităţii preţurilor pe piaţa centrală indică faptul că producătorii britanici fac faţă unui risc crescut, ca rezultat al creşterii concurenţei. Conform unor lucrări [9, 10 sau 11], experienţa a arătat că instabilitatea preţurilor pe piaţa centrală nu se reflectă într-o instabilitate la utilizatorii finali. De fapt, de când a intrat în funcţiune această piaţă centrală, cele mai importante aranjamente comerciale, contractele, au fost făcute în afara acesteia, între producători şi acei clienţi care pot participa la astfel de aranjamente. Este un exemplu tipic pentru modul în care aranjamentele contractuale pot atenua riscul şi incertitudinea.

În loc de concluzii

În cele prezentate mai sus, s-a încercat să se prezinte câteva aspecte calitative privind structura sistemului energetic. Indiferent de decizia pe care o va lua guvernul român în această privinţă, este clar că un pas obligatoriu îl constituie apariţia producătorilor independenţi, ca prime nuclee competitive în domeniul generării de energie electrică. Această modificare structurală are influenţe majore asupra filosofiei abordării afacerilor din domeniu, iar prezenta lucrare a încercat să prezinte doar câteva aspecte legate de modificarea riscurilor aferente diverselor opţiuni posibile. O asemenea abordare este utilă mai ales în aprecierea fezabilităţii viitoarelor proiecte de dezvoltare ale SEN, care, fără o schemă financiară sănătoasă, nu pot fi realizate.

BIBLIOGRAFIE

[1] McConnell, C.R. *Economics.* McGraw-Hill International Editions, 1987.

[2] McEachern, W. *Economics. A contemporary Introduction.* South Western Publishing Co.,1990.

[3] Sharkey, W.W. *The theory of Natural Monopoly.* New York: Cambridge University Press, 1982.

[4] Hazlett, T. *The Curious Evolution of Natural Monopoly Theory*; from: Robert W. Yoole, Jr.(ed.): *The case for Deregulating Public Utilities*, Lexington, Mass., Lexington Books, 1985.

[5] Muşatescu, V. *Financial Needs for the Romanian Energy Sector.* Conference on Energy Projects Financing; Budapest, January 1995.

[6] Ministerul Industriilor . *Strategia Industriei României în perspectiva aderării la Uniunea Europeană. 1996.*

[7] *** *Study of Options for the Long-Term Structure of the Power Sector. Phase I. Bechtel International*, Inc., February 1996.

[8] World Bank. *From Plan to Market.* World Development Report 1996. Published for the World Bank by Oxford University Press.

[9] EIA. *Electricity supply industry.* Ownership, structure and Regulation in OECD Countries. OCDE/AIE 1994.

[10] Lyons, P.K. *European Union Energy Policies*, EC Inform, 1994.

[11] Cornell, Nina W., Webbink, D.W. *Public Utility Rate-Of-Return Regulation: Can It Ever Protect Consumers? in Unnatural Monopolies: The Case for Deregulating Public Utilities.* Lexington, Mass.; Lexington Books.

[12] Keithy, D. M. *Unbundling of Electric Power and Energy Services.* WEC Seminar on Harmonisation of Key Energy Legislation and Regulation with EU Energy Laws and Directives. Neptun, Romania, September 1996.

[13] Conger, K.J. *Competitive Benefits of Coexisting private and Publicly Owned Electricity Utilities.* American Public Power Association. Prezentata la a II-a CNE, Neptun, Romania, 1996.

POLITICI POSIBILE DE REFORMĂ A SECTORULUI ENERGIEI ELECTRICE

dr. ing. VICTOR ROMERT
Comitetul de Strategie şi Reformă - RENEL

Scopul reformei sectorului energiei electrice este obţinerea energiei cu costuri minime, în condiţiile unui serviciu de calitate şi cu limitarea impactului de mediu.

Instrumentele reformei sunt structurile corporative, piaţa de energie şi privatizarea.

Politicile de reformă se pot baza pe structuri corporative integrate sau dezintegrate, pe o piaţă organizată ca serviciu public sau liberalizată, pe diferite grade de privatizare.

Pentru România, care aspiră la intrarea în Uniunea Europeană, directivele în materie ale acesteia sunt obligatoriu de îndeplinit.

Aceste directive nu impun un anumit tip de structură corporativă, ci reguli de piaţă.

Analiza diferitelor variante de restructurare duce la concluzia că RENEL trebuie să devină o societate comercială pe acţiuni, cu activităţi de producere, transport şi distribuţie integrate (companie naţională).

Alături de această companie trebuie să apară producători independenţi privaţi. Piaţa de energie electrică trebuie organizată pe proncipiile de compărător unic, consumatori eligibili şi captivi, acces reglementat la reţea.

The purpose of the reform in the electricity sector is to obtain energy at a minimum cost by preserving the high quality of the services and limiting the environmental impact.

The reform instruments are the corporative structures, the energy market and privatization.

The reform policies can be based on integrated or disintegrated corporative structures, on a market organized as a public service or on a liberalized market with different degrees of privatization.

For Romania, a country striving, to become a member of the European Union the guidelines in this field are a must.

These guidelines do not impose a certain type of corporative structure, but different market rules.

The analysis of the different restructuring variants leads to the conclusion that RENEL (the Romanian Electricity Authority) must become a pubicly held company encompassing integrated activities such as: generation, transmission and distribution (national company).

Besides this company there must also exist private independent producers. The electricity market should be organized on the principles of the single buyer, elligible and captive consumers, regulated access to the network.

Descriptori: politici energetice, management energetic

Cu privire la reforma sectorului energiei electrice circulă la ora actuală o serie de teorii şi doctrine privind calea de urmat.

Au apărut termeni sofisticaţi, care sunt vehiculaţi ca adevăruri absolute. S-au constituit diverse tabere între energeticieni, economişti şi, evident, între politicieni. Ziarele abundă de aserţiuni cum ar fi:

"Sectorul energetic este falimentar, el trebuie privatizat",

"RENEL este monopol, el trebuie spart",

"Preţul energiei electrice este mare" etc., etc.

Care este de fapt adevărul ? Să facem mai întâi puţină ordine în termenii de referinţă.

Sectorul energiei electrice face parte din infrastructură nu din industrie. El aparţine sferei de utilităţi. Energia electrică, electricitatea este un serviciu public. Jurisprudenţa defineşte serviciul public prin trei obligaţii speciale: continuitatea serviciului, egalitatea pentru utilizatori, adaptabilitatea la evoluţia necesarului. Indiferent de forma de proprietate - de stat sau privată - tarifele companiilor de electricitate se supun unei autorităţi de reglementare.

După cum se ştie, în materie de structură a sectorului energiei electrice, modelele variază de la modelul integrat - cazul tipic EdF - la modelul dezintegrat - cazul tipic Anglia. Este vorba de gradul de integrare a celor trei activităţi de bază: producţia, transportul şi distribuţia.

În ceea ce priveşte piaţa de energie electrică, aceasta poate fi o piaţă reglementată sau poate avea

diverse grade de liberalizare. Nu există însă o piaţă total liberalizată. Liberalizarea presupune concurenţa între operatori şi libertatea de alegere a clientului (eligibilitatea).

De regulă, se confundă modelul integrat cu monopolul şi liberalizarea cu privatizarea. O companie de electricitate de tip integrat (model clasic EdF) poate fi organizată pe centre de cost şi de profit, deci pe competiţie internă. Ea este departe de a fi un monopol, deoarece, fiind un serviciu public, tariful este reglementat. Ce fel de monopol este acela care nu poate dicta tarifele ?

Confuzia vine de la faptul că fiind o singură companie într-o ţară, termenii "unică" şi "monopol" sunt consideraţi identici. Dimpotrivă, chiar dacă există mai multe companii de electricitate, lipsa pieţei (ofertă insuficientă) duce urgent la monopol, cu atât mai mult cu cât lipseşte reglementarea.

Rezultă că atâta timp cât există reglementarea tarifului, practic nu se poate vorbi de monopol. Unii consideră că o structură dezintegrată înseamnă liberalizarea pieţei. În realitate, o structură dezintegrată, fără o piaţă reală, favorizează monopolul şi degradează serviciul public prin inegalitatea tarifelor. De asemenea, o companie de electricitate privată nu aduce automat liberalizarea pieţei (a se vedea cazul ENEL).

Dar, care este scopul real al reformei ?

Unii spun că ar fi "energia ieftină". Nimic mai fals. Dacă ar fi aşa, atunci modelul cel mai performant a fost cel din fosta Uniune Sovietică, unde risipa de energie nu conta.

Alţii spun că ţelul ar fi "conservarea energiei", deci o politică de tarifare de tip "energia este scumpă - economisiţi" (se vedea Japonia).

De fapt, prin reforma sectorului de energie electrică se doreşte "energie cu costuri minime, în condiţiile unui serviciu de calitate şi cu limitarea impactului de mediu".

Costurile minime se obţin prin competiţia între operatorii din domeniul producerii energiei electrice. În cazul companiilor integrate, competiţia are loc între operatorii interni şi se rezolvă prin centrele de cost şi profit.

În cazul structurii dezintegrate, competiţia are loc direct între operatorii respectivi.

În ambele cazuri, arbitrul competiţiei este operatorul de sistem. Competiţia poate avea loc numai dacă oferta producătorilor este mai mare decât cererea de consum. Aceasta înseamnă existenţa unor capacităţi de producţie suficiente şi a unor surse de energie primară sigure.

În materie de transport al energiei electrice nu se mai poate face însă competiţie, deoarece avem de-a face cu un monopol natural. Pentru ca acest monopol natural să nu se transforme în monopol economic, accesul la reţeaua de transport trebuie reglementat.

Dacă în cazul producţiei competiţia este relativ simplu de organizat, în cazul distribuţiei acest lucru este mult mai greu de realizat.

Pentru companiile de tip integrat, instrumentul este centrul de cost şi profit, având drept constrângere tariful reglementat, care obligă la reducerea costurilor în distribuţie.

În cazul structurilor dezintegrate, competiţia între distribuitori practic nu există, deoarece nu pot coexista mai multe companii de distribuţie într-o singură zonă. Problema se rezolvă tot prin reglementarea tarifului.

Am ajuns de fapt la o concluzie interesantă. La nivelul producţiei putem avea o piaţă a producătorilor, fie cei interni ai companiei integrate, fie operatori independenţi.

În cazul pieţei producătorilor integraţi, aceştia îşi plasează marfa operatorului de sistem. Acest lucru se face şi în cazul producătorilor independenţi, apărând astfel cumpărătorul unic. Nu putem avea o piaţă la nivelul transportului şi, practic, nici la nivelul distribuţiei.

Să nu uităm însă de clienţi. Avem şi o piaţă a clienţilor. Aici începe dilema reală a reformei.

Cât de liberalizate trebuie să fie aceste pieţe? Aşa au apărut cele două noţiuni de bază: consumatori eligibili şi consumatori captivi.

Consumatorii eligibili sunt cei care primesc dreptul ca prin accesul la reţea să cumpere energie electrică de pe piaţa producătorilor.

Consumatorii captivi nu pot face acest lucru. Ei rămân, forţat vorbind, la discreţia distribuitorului. Aici intervine, însă, organul de reglementare, care, prin tarif sau taxe, reduce apetitul de profit nejustificat al distribuitorilor.

Putem acum să zugrăvim tabloul final.

Producătorii de energie electrică pot fi integraţi sau independenţi.

Piaţa producătorilor poate avea un cumpărător unic sau mai mulţi cumpărători.

Arbitrul pieţei producătoare este operatorul de sistem.

Transportul este un monopol natural. El trebuie să permită un acces reglementat al terţilor la reţea (producători sau cumpărători) .

Distribuitorii pot fi integraţi sau independenţi.

Consumatorii pot fi eligibili sau captivi.

Piaţa energiei electrice poate fi reglementată ca serviciu public sau dereglementată (liberalizată). Structura companiilor de electricitate poate fi cu activităţi integrate (producere, transport, distribuţie),

cu obiect de activitate unic: companie de producere, companie de transport, companii de distribuţie, sau cu obiect de activitate mixt: companie de producere şi transport, companie de distribuţie (nu se întâlneşte cazul de transport şi distribuţie).

Companii integrate pot fi date ca exemplu Electricité de France, ENEL - Italia sau PPC - Grecia. Companii de tip mixt sunt cele din Olanda, Turcia sau Cehia. Structuri dezintegrate au Anglia şi Polonia. Germania are mai multe companii integrate, iar principalele companii din statele federale ale SUA sunt de tip integrat.

Subliniez din nou că structura integrată sau dezintegrată nu condiţionează titlul de proprietate şi gradul de liberalizare a pieţei (de dereglementare). De exemplu, EdF este cu capital de stat, ENEL este societate pe acţiuni, PPC este companie publică.

Cea mai dereglementată piaţă este în SUA, deşi există companii integrate alături de producători şi distribuitori independenţi.

Unii cred că privatizarea aduce liberalizarea pieţei. Nimic mai greşit. Ungaria a privatizat o parte din reţeaua de distribuţie şi unele centrale electrice. Ungaria are însă o piaţă reglementată prin tarif. În 1996, între investitorii străini şi guvern a apărut un conflict major cu privire la tarife. Vedem, deci, că producător privatizat nu este sinonim cu producător independent.

În Olanda asistăm la un fenomen de reintegrare a distribuitorilor şi producătorilor.

În SUA este la modă reintegrarea companiilor de electricitate cu cele de gaze.

Mai important pentru România este ceea ce se petrece în sectorul energetic din Uniunea Europeană.

Reţinem, în primul rând, că directivele în materie ale Uniunii Europene nu impun sub nici o formă un anumit tip pentru structura companiilor de electricitate, ci reguli de piaţă.

Iată regulile principale:

➢ Se permite impunerea serviciului public companiilor de electricitate în interesul economic general şi al obiectivelor de securitate a aprovizionării şi a protecţiei mediului. Decurge obligaţia unui program pe termen lung.

➢ Pentru noile capacităţi de producţie statele membre au obligaţia fie de a face cereri de ofertă, fie de a avea un sistem de autorizare transparent.

➢ Cumpărătorul unic trebuie să garanteze absenţa discriminării şi transparenţa preţurilor.

➢ Companiile integrate trebuie să asigure condiţii de transparenţă în transport şi distribuţie, similar celor de piaţă.

➢ Consumatorii eligibili şi producătorii independenţi pot încheia contracte de furnitură directă şi pot negocia cu operatorul sistemului pentru transport.

➢ Consumatori eligibili pot fi toţi consumatori industriali cu un consum mai mare de 100 GWh/an.

➢ Producătorii nelegaţi prin contract de cumpărătorul unic pot exporta energia, via reţea, sub rezerva existenţei capacităţii de transport şi ca acesta să fie, tehnic, fezabil.

În aceste directive nu se vorbeşte nici un moment de privatizare, pentru simplul motiv că acestea au în vedere liberalizarea pieţei, iar privatizarea companiilor de electricitate are ca scop obţinerea de capital prin vânzare de acţiuni.

Să încercăm acum să definim politica de reformă a sectorului energiei electrice din România.

Unde ne găsim ? Sectorul energetic este organizat ca regie în domeniul industrial. Aşa ceva nu există nicăieri.

Sectorul energetic, deşi nu este definit explicit ca atare, este un serviciu public. Piaţa clienţilor este reglementată prin tarif şi toţi sunt captivi.

Sistemul energetic s-a dezvoltat ca o structură integrată de producere, transport şi distribuţie.

În ultimii doi ani s-au aplicat măsuri de restructurare prin transformarea în societăţi comerciale a unor unităţi de construcţii-montaj (ELCO), institute de proiectare, unităţi de reparaţii. Centrale termice şi termoelectrice de importanţă locală au fost transferate primăriilor sau agenţilor economici.

Pentru a răspunde criteriilor Uniunii Europene reforma trebuie continuată în următoarele direcţii:

☞ Transformarea RENEL în companie publică de electricitate (serviciu public), având centre de cost şi de profit în producere, transport şi distribuţie. Acest lucru cere delimitarea organizatorică, economică şi patrimonială a celor trei activităţi de bază, pentru a introduce mecanismul competiţiei.

☞ Încurajarea investiţiilor de producători independenţi.

☞ Structurarea operatorului de sistem pe baza funcţiei de cumpărător unic.

☞ Liberalizarea treptată a pieţei clienţilor. Introducerea eligibilităţii consumatorilor.

☞ Privatizarea Companiei Publice de Electricitate sub forma societăţii pe acţiuni, cu investitori strategici de capital.

Există voci care propun ca reforma să se facă prin dezintegrarea producţiei şi distribuţiei, pe motiv că acest lucru ar permite privatizarea şi concurenţa.

Ce ar însemna dezintegrarea producţiei, adică transformarea centralelor electrice în societăţi

comerciale ? Aceasta înseamnă că apare o concurenţă pentru profit. Neexistând suficiente surse de energie primară şi un excedent de producţie de energie electrică, concurenţa este nulă, iar presiunea asupra cumpărătorului unic va fi atât de mare, încât acesta va cumpăra energia electrică la preţul maximal.

Lipsa de resurse primare interne de energie electrică îi va face pe unii producători să dea faliment. Se poate deci aştepta o reducere a securităţii în alimentarea consumatorilor.

Să nu uităm că dorim interconectarea la UCPTE, care presupune criterii exigente privind balanţa de energie electrică pe termen lung, siguranţă şi calitate în funcţionarea sistemului. Care va fi mecanismul pentru realizarea acestor condiţii dacă producătorii se dezintegrează ?

Şi, de fapt susţinătorii acestei idei motivează dezintegrarea prin necesitatea competiţiei între producători. Acest lucru se poate face şi în cadrul companiei integrate structurate pe criteriile Uniunii Europene.

Dacă dezintegrarea totală sau parţială a producţiei se poate face, dezintegrarea distribuţiei nu are nici o motivaţie, dacă tarifele nu sunt liberalizate . Până la reformarea economiei şi îmbunătăţirea performanţelor economice nu poate fi însă vorba de tarife liberalizate.

Mai există o părere ca în loc de o singură companie de electricitate să se facă mai multe, de exemplu în cele cinci provincii. Ce aduce o astfel de reformă ? Nimic decât structuri artificiale, nemotivate economic şi slăbirea calităţii serviciului public prin diluarea răspunderii.

Din cele spuse, rezultă că reforma trebuie să urmeze calea companiei publice de electricitate, cu aplicare în sectorul energiei electrice a tuturor criteriilor cerute de Uniunea Europeană.

În articolul său *"Experienţa internaţională în privatizare şi liberalizarea sectorului energetic"* John W. Baker, o somitate a Consiliului Mondial al Energiei, spune: *"Orice ţară care procedează la liberalizarea pieţei în cadrul instituţiilor sale energetice are nevoie să-şi croiască o soluţie cu cele mai bune măsuri corespunzând unicelor sale necesităţi".*

Q.E.D.

Recenzie

CREŢEA GAVRIL, **Turbine cu abur şi cu gaze,** Editura Tehnică, Bucureşti, 1996

Lucrarea menţionată constituie a doua ediţie a cărţii cu acelaşi titlu, apărută la Editura Didactică şi Pedagogică din Bucureşti, în anul 1981.

Prima ediţie a cărţii conţinea mai ales cunoştinţele de bază privind turbinele cu abur şi cu gaze şi, în consecinţă, ea se adresa mai ales studenţilor din învăţământul superior tehnic de profil (facultăţile de medicină, specialitatea maşini termice şi facultăţile de energetică). În prezenta ediţie, cunoştinţele fundamentale, revizuite şi aduse la zi, sunt completate cu elemente al căror nivel ştiinţific depăşeşte cerinţele care se impun unor proaspăt absolvenţi ai universităţilor tehnice de specialitate. Astfel, este tratată pe larg evoluţia turbinelor cu abur şi a celor cu gaze până la cele mai avansate realizări actuale, şi anume turbinele cu abur de 1500 MW pentru centrale nuclearoelectrice (CNE) şi turbine staţionare cu gaze de 290 MW, inclusiv evoluţia construcţiei de turbine cu abur în România de la cea de 3 MW, construită în anul 1951, până la cea de 700 MW, intrată în funcţiune în anul 1996 la CNE Cernavodă.

Relevarea în lucrare a celor mai noi realizări în domeniu se face şi cu referire la subansambluri sau piese importante din construcţia turbinelor, cum sunt, de exemplu, paletele statorului şi rotorului, carcasele, lagărele, sistemele de reglare, sistemele de separare a umidităţii din abur la turbinele destinate CNE. Sunt tratate pe larg, pentru prima dată într-o lucrare românească în acest domeniu, metodele moderne de utilizare a calculatoarelor electronice la proiectarea turbinelor.

De asemenea, în lucrare sunt prezentate metode originale, puse la punct de autor, pentru optimizarea profilării ventilelor de admisie a aburului prin utilizarea metodei singularităţilor, pentru determinarea caracteristicilor geometrice şi mecanice ale profilurilor de palete cu ajutorul unui calculator personal, precum şi pentru construcţia unui tip de separator de umiditate cu plăci ondulate, destinat instalaţiilor de turbine cu abur saturat.

ing. MIRCEA CÂRDU
SOCET-SA Bucureşti

(continuare în p. 351)

OPŢIUNI DE RESTRUCTURARE A SECTORULUI ENERGETIC ROMÂNESC

ROBERTO FIGUEREDO
director la Agenţia Statelor Unite, pentru Dezvoltare

Economia românească este o mare consumatoare de energie. Aceasta este în prezent ineficientă şi poluantă.

De aceea, reforma în sectorul energie este extrem de importantă pentru succesul tranziţiei României de la economia centralizată la o economie de piaţă.

Agenţia SUA pentru Dezvoltare Internaţională (USAID) a fost implicată activ în reforma sectorului energetic românesc încă din 1991. Prin numeroasele sale proiecte, USAID a oferit asistenţă tehnică, echipamente şi training pentru dezvoltarea şi menţinerea unui mediu care să favorizeze dezvoltarea sectorului şi susţinerea integrării în Uniunea Europeană. În acest scop, USAID a lucrat îndeaproape cu Banca Mondială şi BERD.

Pentru a veni în sprijinul sectorului energiei electrice, USAID a finanţat un "Studiu de opţiuni", pentru a asista guvernul României în definirea unei structuri a sectorului, care să fie cea mai potrivită în realizarea obiectivelor de politici şi a unui cadru legal şi regulatoriu adecvat reformei structurale.

Studiul a identificat patru opţiuni de bază pentru restructurarea sectorului. Fiecare opţiune a fost analizată luând în considerare atât aspectele competiţionale şi de atragere a investiţiilor, cât şi compatibilitatea cu mediul instituţional şi economic al ţării. Acest studiu a prezentat şi experienţa altor ţări în restructurarea sistemelor lor energetice.

Cele patru opţiuni sunt:

1. Modelul de monopol integrat vertical
2. Modelul cumpărătorului unic
3. Modelul accesului liber
4. Modelul pieţei concurenţiale

Nivelul concurenţial creşte de la opţiunea 1 la opţiunea 4. S-a demonstrat că opţiunile 2 şi 3 sunt cele mai potrivite alegeri pentru România.

Care sunt caracteristicile modelelor propuse?

Modelul 1 este modelul tradiţional, caracterizat prin integrarea în cadrul unei singure companii a funcţiilor de producere, transport şi distribuţie (inclusiv vânzarea de electricitate). Potrivit acestui model, RENEL ar rămâne un monopol de stat integrat vertical.

Modelul 2 propune concurenţa la nivelul producerii energiei electrice. Acesta va include crearea unei noi entităţi - Agenţia de Achiziţionare a Electricităţii (AAP) - cu atribuţii în cumpărarea energiei de la producători şi vânzarea ei en-gros în România. AAP ar urma să fie o instituţie de stat non-profit.

În cadrul acestui model, producătorilor independenţi de electricitate (PIE) li se va permite şi vor fi încurajaţi să facă oferte, prin AAP, pentru capacităţi noi de energie. Centralele existente ale RENEL ar semna contracte, pe durata lor economică de viaţă, cu AAP. Pe măsură ce contractele expiră, centralele ar putea să facă licitaţii pentru noi capacităţi sau ar fi închise. Consumatorilor industriali mari, cu capacităţi de peste 100 GWh/an, li se va permite să cumpere electricitate direct de la AAP, şi nu de la PIE, iar departamentul de distribuţie al RENEL va trebui să cumpere electricitate tot de la AAP, pentru clienţii săi captivi. Modelul 2 nu va permite accesul terţilor.

În cadrul acestui model, RENEL va fi organizat ca un holding cu divizii separate pentru producere, transport/dispecerat naţional şi distribuţie, fiind transformat într-o societate pe acţiuni.

Caracteristica principală a **modelului 3** este introducerea accesului deschis la reţelele de transport şi distribuţie, ceea ce permite clienţilor mari să cumpere energie de la oricare furnizor pe care îl aleg, inclusiv de la PIE. Accesul liber va fi prevăzut de guvern în Legea electricităţii, deoarece controlul monopolistic asupra accesului la distribuţie este considerat, în general, a fi cel mai important impediment în furnizarea, în condiţii de concurenţă, a energiei electrice. Preţurile, precum şi termenii şi condiţiile pentru accesul nediscriminatoriu al terţilor vor fi stabilite de către o agenţie de reglementare. Acest model oferă o dezagregare funcţională a companiei de electricitate în producere, transport/dispecerat naţional şi distribuţie. Diviziile de transport şi distribuţie ale RENEL trebuie să transporte electricitate pentru toţi clienţii eligibili, la rate şi în condiţii nepreferenţiale. Clienţii industriali mari pot negocia şi cupăra electricitate de la acei producători (PIE sau RENEL) care oferă preţurile cele mai scăzute.

RENEL ar fi organizat ca un holding şi ar deveni o companie pe acţiuni.

Modelul 4 propune să divizeze compania de electricitate în companii independente de producere, transport şi distribuţie, permiţând existenţa unei concurenţe totale atât în producerea, cât şi în achiziţionarea de electricitate. Companiile de transport şi distribuţie ar deţine în continuare caracteristici de monopol, necesitând a fi reglementate. Clienţii industriali mari pot să cumpere electricitate atât de la PIE, cât şi de la distribuitori.

Consultanţii USAID au recomandat adoptarea opţiunii 3, deoarece aceasta oferă beneficii complete şi competiţie în acest sector, incluzând lărgirea accesului investiţiilor străine şi facilitarea integrării în Uniunea Europeană. Aceasta ar însemna ca transportul/dispeceratul naţional să devină independente de RENEL.

Implementarea recomandărilor menţionate mai sus va fi uşoară, însă este necesară în scopul înţelegerii avantajelor substanţiale pe care le oferă sectorului energetic, economiei româneşti ca întreg, şi calităţii vieţii cetăţenilor României. Lipsa unui sistem eficient, cu preţuri stabilite în mod economic, va împiedica dezvoltarea economiei româneşti.

❐

ZONELE DE COMPETIŢIE ŞI DE SERVICIU PUBLIC ÎN INDUSTRIA ENERGIEI ELECTRICE. ROLUL ESENŢIAL AL REŢELEI ELECTRICE ÎN ORGANIZAREA PIEŢEI ENERGIEI

dr. ing. JEAN CONSTANTINESCU
Comitetul de Strategie şi Reformă - RENEL

Restructurarea industriei energiei electrice trebuie să fie strâns corelată cu caracteristicile economice de bază ale activităţilor din sector. În acest sens, articolul identifică zone clare de serviciu public şi respectiv, concurenţiale.

Paradigma serviciului public, care restricţionează procesul liberalizării, a încetat să mai aibă relevanţă pentru ansamblul industriei electricităţii, fiind acum centrată pe serviciile reţelei. Operatorul de reţea de transport are atuuri puternice de a se institui în coordonator de sistem, formator de piaţă şi apărător al interesului public.

Un model nou se impune în viitorul apropiat în România pentru sectorul producerii energiei electrice. Producerea descentralizată şi concurenţială de energie, pe o piaţă transparentă, poate aduce mari beneficii în interesul consumatorilor şi al ţării.

The restructuring of the power supply industry should be closely correlated to the main economic characteristics of the industry's services. To this aim, the paper identifies definite areas of public service and competition, respectively.

The public service paradigm, restricting the process towards liberalisation, has ceased to have relevance for the whole power industry, being now centered on the network services. The transmission network operator is in the best position as power system coordinator, market maker and public interest defender.

A new model of power generation sector is to impose in Romania in the years to come. Decentralised and competing generation on a transparent market can bring great benefits on power consumers and national interests.

Descriptori: reţele electrice, serviciu public, management energetic

Privire generală

În acest deceniu , în lume are loc un proces de constituire şi liberalizare a pieţelor energiei electrice. Se formează pieţe ale electricităţii de nivel naţional sau regional. Prin coincidenţă, procesul de schimbare s-a declanşat odată cu dezmembrarea sistemului "socialist". Pentru specialişti , manageri şi oamenii politici a devenit evident faptul că, şi în acest domeniu, mecanismele specifice ale pieţei asigură cea mai eficientă alocare a resurselor. Teoria conform căreia alimentarea cu energie electrică reprezintă, în ansamblu, o " utilitate " cu natura de monopol natural, sau chiar un serviciu public , are din ce în ce mai puţini adepţi . Teoria reflectă fie o teamă de economia reală, fie unele interese naţionale cu determinare istorică , ca, de pildă , temerile Franţei că programul nuclear - pentru care s-au alocat resurse imense - va fi ameninţat dacă se operează o deschidere spre concurenţă [1].

Companiile tradiţionale de energie electrică integrează pe "verticală" producerea , transportul şi distribuţia energiei (fig. 1).

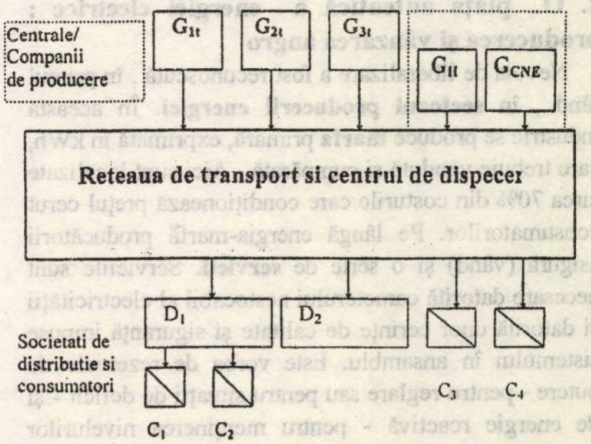


Fig.1. Organizarea generală a unui sistem electroenergetic.

Acest tip de organizare se dovedeşte în prezent ineficient în ceea ce priveşte construirea, exploatarea ,

tarifarea şi politica de personal. S-a ajuns la supraechipare , productivitate redusă, exagerarea unor opţiuni tehnologice.

Schimbările afectează instituţiile , cadrul legislativ (reglementările) şi au un puternic impact social. Din motive diferite, sindicatele şi managerii se opun în general liberalizării. Reforma marchează o detaşare de practicile manageriale tehnocrate, care permiteau companiilor - deţinătoare aproape exclusive de informaţii tehnice şi economice - să justifice cu relativă uşurinţă costuri , preţuri şi tarife. Pretutindeni, aceste schimbări au făcut sau fac obiectul unor ample dezbateri publice . Preţul electricităţii , securitatea alimentării şi relaţia cu mediul înconjurător au un impact crucial asupra economiei şi societăţii.

Uniunea Europeană , prin Cartea Albă a Energiei , intitulată "Creştere , competiţie , locuri de muncă - o provocare şi căi de acces în secolul 21 "[2] , îşi axează politica energiei pe : integrarea pieţelor, introducerea concurenţei (dereglementarea) , în special la producerea energiei, limitarea la strictul necesar a intervenţiei publice , pentru apărarea interesului public, dezvoltarea durabilă , protecţia consumatorilor , coeziunea economică şi socială. Reconcilierea competitivităţii şi eficienţei cu securitatea în alimentarea cu energie şi securitatea socială urmează să se realizeze în **cadrul unui mediu general de afaceri** . Politica energiei este orientată către competitivitate, admiţându-se că fiecare ţară are nevoi economice , culturale şi politice unice . S-au identificat şi principalele obstacole: naţionalismul economic , subvenţiile , opoziţia managerilor şi a sindicatelor, o anumită îngrijorare privind asigurarea cu resurse de energie şi evoluţia preţurilor.

2. O piaţă autentică a energiei electrice : producerea şi vânzarea angro

Nevoia de liberalizare a fost recunoscută , în primul rând , în **sectorul producerii energiei**. În această industrie se produce **marfa** primară, exprimată în kWh, care trebuie vândută şi cumpărată . Aici sunt localizate circa 70% din costurile care condiţionează preţul cerut consumatorilor. Pe lângă energia-marfă producătorii asigură (vând) şi o serie de **servicii.** Serviciile sunt necesare datorită caracterului nestocabil al electricităţii şi datorită unor cerinţe de calitate şi siguranţă impuse sistemului în ansamblu. Este vorba de rezervele de putere - pentru reglare sau pentru situaţii de deficit - şi de energie reactivă - pentru menţinerea nivelurilor optime de tensiuni şi de pierderi în reţele. Spre deosebire de energia - marfă, care este oferită consumatorilor sau reprezentanţilor acestora (societăţi de distribuţie, alţi operatori pe piaţa energiei), serviciile sunt adresate operatorului de reţea . Se va arăta că operatorul de reţea reprezintă unitatea - cheie în funcţionarea şi dezvoltarea sistemului de alimentare cu energie electrică .

Tehnologiile moderne de producere a energiei electrice sunt influenţate într-o mică măsură de aşa-numitul factor de scară. Ce este mai mare - instalaţie sau companie de producere a energiei - nu este în mod necesar şi mai eficient. Grupurile energetice mari necesită reţele electrice scumpe şi prognoze de creştere a consumului pe termen lung, care, de regulă, reprezintă supraestimări. Megaproiectele, de pildă marile centrale nuclearo-electrice, fac necesare servicii conexe costisitoare: amenajări hidroelectrice cu acumulare prin pompare , instalaţii suplimentare pentru rezervare şi reglare , dispozitive speciale de protecţie şi altele. Or, riscul tehnologic şi financiar este proporţional cu mărimea instalaţiilor. În cazul tehnologiilor moderne, sporurile de randament şi de productivitate ale instalaţiilor mari au devenit nesemnificative în raport cu majorările de cheltuieli pentru servicii şi dotări adiţionale. Constatarea este valabilă pentru toate tehnologiile , nu numai în industria energiei.

De câţiva ani, în ţările avansate se dezvoltă cu repeziciune producţia în unităţi relativ mici, distribuite în teritoriu . Un nou model de industrie a electricităţii tinde să se impună în anii ce vin (**distributed generation**) . În planul structurilor comerciale , producătorii independenţi de energie, organizaţi în companii medii-mici , oferă o energie mai ieftină şi-şi sporesc ponderea pe pieţele liberalizate .

În consecinţă , sectorul producerii de energie electrică nu are atributul de monopol natural , produsul centralelor electrice este o marfă, comercializabilă pe o piaţă angro, cu influenţa cea mai mare asupra nivelului preţului .

Într-un cadru de monopol natural , preţul mărfii sau seviciului este reglementat. Reglementarea se realizează cu dificultate, dacă compania de electricitate este integrată vertical, şi poate deveni deosebit de complexă, dacă acest tip de monopol este privat . Nu este aici locul pentru o analiză de detaliu a formelor şi instituţiilor specifice de reglementare . Esenţială este formula aplicată la stabilirea preţului (venitului) de monopol , care este de forma :

$$c + r = p .$$

Preţul este fundamentat pe costuri medii "rezonabile" şi pe o rată, de asemenea "rezonabilă", de recuperare a capitalului. Veniturile bazate pe costuri medii sunt în general mai mari decât acelea calculate din costurile marginale pe termen scurt , ceea ce duce la lipsa de interes pentru creşterea eficienţei. Calitatea

superioară a informaţiei deţinute şi a expertizei companiei care exercită monopolul , în raport cu autoritatea de reglementare , îşi spune de asemenea cuvântul asupra preţului reglementat . Cu timpul , strădaniile pentru creşterea eficienţei se transformă într-o luptă pentru justificarea preţului . Acest tip de reglementare a monopolului a servit de surogat pentru concurenţă. Prezentăm, pentru exemplificare , două evoluţii, care , credem , sunt revelatoare în cazul României .

(a) În sistemele de alimentare cu energie electrică funcţionarea optimă se obţine prin încărcarea centralelor electrice în aşa-numita "ordine de merit" , adică în ordinea descrescătoare a eficienţei . Aplicarea acestui principiu presupune efectuarea unor calcule laborioase de optimizare, care se aplică prin măsuri de comandă, în companiile integrate, sau prin acţiunea mecanismelor pieţei, în sistemele descentralizate . Nerespectarea sistematică , în fiecare moment , a ordinii de merit poate duce la însemnate pierderi financiare , mai ales dacă performanţele grupurilor energetice diferă mult între ele. Centralele electrice ale RENEL produc energia cu costuri medii cuprinse între 1 şi 20 USc/kWh . Prin urmare , funcţionarea sistemelor moderne nu mai poate fi concepută fără o programare a producţiei pe calculator . Această tehnică s-a aplicat, de altfel, şi în România, în anii '70. În anii '80 nu a mai fost posibilă, datorită lipsei cronice de capacitate de producţie disponibilă, dar lipsa de interes pentru planificarea optimă a funcţionării nu-şi poate găsi justificare în prezent. Economia anuală totală de combustibil ce s-ar fi obţinut [10] ar fi fost de cel puţin 1 mil. tcc (5-6 %).

(b) În ultimii ani, industria energiei electrice din ţara noastră a fost ocolită de procesul modernizării. Este singurul sistem electroenergetic central-european în care investitorii privaţi sau străini nu au investit nici un dolar . În consecinţă , au fost obţinute rezultate modeste şi stagnante, atât în ceea ce priveşte randamentele de conversie a combustibililor, cât şi ale impactului asupra mediului înconjurător. Eficienţa medie netă a termocentralalor a fost de numai 26 % la cărbune şi de 36 % la hidrocarburi [8], la ultimele înregistrându-se chiar o tendinţă de scădere . În ciuda rezultatelor precare privind eficienţa utilizării combustibililor, se constată o scădere nefirească a ponderii combustibililor în costul total al energiei electrice , de la peste 67 % , în anul 1993, la 58,7 %, în anul 1996. Sistemul de reglementare a preţului electricităţii aplicat în România nu a determinat o motivare reală pentru îmbunătăţirea performanţelor economice .

Este greu de presupus că un preţ real al energiei electrice-marfă se poate stabili în absenţa unei pieţe . Formula preţului de piaţă exprimă în esenţă o decuplare a acestuia de costuri şi rate de recuperare a priori stabilite :

$$p - c = +/- r.$$

Ratele de recuperare negative semnifică pierderi financiare. Producătorii de energie electrică devin puternic motivaţi pentru creşterea eficienţei şi reducerea costurilor. În Anglia şi Australia, unde există pieţe autentice angro, preţurile cu ridicata sunt între 3 şi 4 USc/kWh, în timp ce , de exemplu , în ţările în dezvoltare preţurile variază între 5,3 şi 8,2 USc/kWh [6]. În perioada 1989-1994, preţurile s-au redus în Anglia, în termeni reali, cu 16 % pentru clasa consumatorilor medii şi cu 5 % pentru consumatorii casnici. Similar, în Norvegia preţurile electricităţii pentru consumatorii industriali au scăzut cu 18-26 % în perioada 1991-1993 [7]. Studiul Comisiei Europene [3] estimează că în anul 2020 preţul mediu al energiei electrice va fi , în raport cu valoarea considerată 100 pentru anul 1992, 85 în scenariul pieţei şi 110 în scenariul cu accentuată intervenţie publică, acesta din urmă afectând negativ competitivitatea industriei .

3. Serviciul de transport al energiei electrice - o activitate de tip monopol natural

Pentru reţeaua de transport al energiei electrice fenomenul economiilor de scară este puternic . În cazul în care capacitatea liniilor electrice nu este depăşită (situaţie practic generală în România după colapsul industriei), costurile marginale sunt întodeauna mai mici decât costurile medii. Un tarif care ar fi bazat exclusiv pe costurile marginale ar asigura recuperarea a numai circa 25% din costul de realizare şi funcţionare a reţelei [4]. În acest domeniu se poate vorbi de un monopol natural, deoarece competiţia nu este fezabilă. Costurile, inclusiv o rată fixă din capitalul investit, pot fi recuperate integral numai prin reglementare . **Activitatea de transport al energiei electrice nu este în general considerată ca generatoare de profit (a fixed assets business).**

Serviciul de transport are, ca funcţie de bază, rolul de a transmite energia conform unor anumite standarde de securitate şi calitate şi poate fi prestat independent de contractele dintre producători şi consumatori. Particularităţile sistemelor electroenergetice impun ca această funcţie să nu fie disociată de activitatea de planificare operaţională şi de dispecerat pentru întregul sistem. De asemenea, chiar şi într-un sistem descentralizat operatorul de reţea de transport

poate îndeplini şi funcţia de planificare a dezvoltării sistemului .

Producătorii şi consumatorii de energie sunt în egală măsură "consumatori de servicii de transport". Costul serviciului de transport reflectă costul capitalului investit în reţea, al pierderilor inerente de energie, al serviciului de reglare; la acestea se adaugă costul serviciului de securitate pentru întregul sistem, adică costurile suplimentare în centralele electrice ca urmare a abaterii de la încărcarea optimă sau în situaţiile cu restricţii de circulaţii de putere în reţea. Problema centrală ce trebuie rezolvată este repartizarea costului serviciului de transport pe consumatorii de astfel de servicii, aşa încât participanţii la piaţă să fie stimulaţi să urmeze o politică dorită , competiţia să aibă loc, iar reţeaua să poată fi dezvoltată eficient .

Operatorul de reţea dintr-o structură demonopolizată poate fi de stat (Norvegia), în proprietatea companiilor de producere (Olanda) sau în proprietatea companiilor de distribuţie (Anglia) .

4. Operatorul de reţea este în măsură să desfăşoare un serviciu public

Într-o organizare descentralizată a industriei energiei electrice, operatorul de reţea poate asigura cu relativă uşurinţă misiunea de formator al pieţei datorită ascendenţei informaţionale şi caracteristicilor tehnologice ale reţelei. Soluţia s-a aplicat în Anglia , Norvegia , Suedia etc. şi poate fi adaptată la condiţiile României, având în vedere experienţa şi dotările existente. Există şi o soluţie alternativă [4], aplicată în SUA, Irlanda şi alte câteva ţări, unde au fost înfiinţaţi operatori independenţi "de sistem" (ISO-Independent System Operator sau SOM - System Operaţional Manager). În varianta considerată fezabilă pentru ţara noastră , atribuţiile principale ale operatorului reţelei de transport , construit pe structura centrelor de dispecer - naţional şi teritoriale - prezintă unele similarităţi cu serviciul public(*):

(*) Conceptul de serviciu public este în general asociat cu infrastructura economică şi socială. El îşi găseşte justificarea în rolul pe care puterea publică şi-l asumă în protejarea intereselor societăţii. Pentru societatea de electricitate funcţionând în acest regim derivă în special **datoria** de a efectua serviciul în condiţii reglementate. Această opinie nu este unanim împărtăşită . De exemplu , în Anglia se consideră că securitatea şi calitatea alimentării cu energie, tarifele, amplasarea noilor capacităţi nu fac obiectul vreunui serviciu public. Operatorul de reţea, organism privat şi independent, asigură buna funcţionare a pieţei , securitatea şi calitatea alimentării, impactul controlat asupra mediului înconjurător .

- **Asigurarea funcţionării optime a pieţei.** Preţul pe piaţă trebuie să se formeze într-o deplină transparenţă şi să reprezinte un semnal suficient de puternic pentru ca deciziile operaţionale şi de viitor ale tuturor participanţilor la piaţă să conducă la o funcţionare optimă a întregului sistem electroenergetic. Comparând cererea cu oferta, operatorul de reţea calculează, pentru fiecare jumătate de oră, capacităţile disponibile pentru fiecare producător şi cel mai mic preţ de livrare, egal pentru toţi ofertanţii (market clearing price). Preţul va asigura satisfacerea cererii prognozate pe ziua următoare . La acest preţ se va adăuga taxa serviciului de transport, bazată pe costul marginal al acestui serviciu . Preţul serviciului de transport, diferit de la un nod al reţelei la altul, trebuie să asigure recuperarea costurilor reţelei existente şi a dezvoltărilor necesare şi, totodată, să ofere un semnal suficient de puternic pentru funcţionarea şi amplasarea optimă a grupurilor energetice şi a consumatorilor .

- **Asigurarea pieţei şi a consumatorilor cu suficientă energie** electrică , în timp real şi în perspectivă şi, în strânsă legătură cu aceasta, organizarea pieţei, astfel încât să fie impulsionată atragerea de resurse de capital . Experienţa de până acum , inclusiv din alte domenii, arată că piaţa asigură securitatea alimentării. Anglia, citată adesea (incorect) ca un exemplu negativ, cunoaşte după restructurare o modernizare rapidă a industriei energiei electrice (peste 6000 MW instalaţi numai în unităţi cu ciclu mixt abur-gaze); importul de electricitate de origine nucleară din Franţa nu a mai înregistrat creşteri (5% din total consum) .

- **Intervenţie eficientă pentru promovarea unei dezvoltări durabile în domeniu** , în limitele mecanismelor pieţei: promovarea tehnologiilor curate de producere a energiei, a surselor de energie regenerabilă , a opţiunilor de economisire a energiei (inclusiv programe DSM) . Instrumentul principal în această acţiune este tot preţul serviciului de transport , care poate include, în baza reglementărilor, o taxă pentru programe de conservare de interes public ("wires charge" în Anglia, taxa de transmisie în Norvegia) . Acţiunea guvernamentală nu poate lipsi, dacă se doreşte promovarea investiţiilor în proiecte de creştere a eficienţei utilizării energiei . Din fericire , în noile condiţii opţiunea conservării nu apare mai riscantă decât opţiunea instalării de noi capacităţi. Datorită nivelului redus al riscului, rata de actualizare a capitalului investit de o companie de tip monopol este mică . Confruntată cu rigorile pieţei , compania creşte semnificativ această rată (de pildă , de la 5 % la 10-15 % în Anglia) , până la niveluri comparabile cu

acelea practicate de clienţii lor în proiecte de economisire a energiei.

5. O necesară reorganizare a RENEL în etape, dintr-o întreprindere de tip centralizat într-o structură de piaţă

Restructurarea face parte din procesul de transformare a economiei româneşti într-o structură de pieţe, în care piaţa energiei va ocupa, desigur, o poziţie centrală . Restructurarea mai este motivată de transformările similare ce au loc în lume, în particular în Europa Centrală, de contraperformanţele obţinute de RENEL : marile pierderi financiare, accentuarea înapoierii tehnologice, impasul în relaţia cu Banca Mondială, factor-cheie în relansarea investiţiilor, ratarea interconexiunii cu reţeaua europeană (UCPTE).

Preţul energiei , stabilit mai mult pe criterii politice decât economice, inexistenţa unor pieţe reale ale combustibililor şi capitalului au avut o "contribuţie" însemnată la ajungerea în această situaţie. Au fost, însă, şi destule cauze în interiorul sectorului, unele deja arătate. Sistemul managerial din ultimii ani s-a axat deliberat pe o supercentralizare a activităţii de bază , necunoscută nici chiar înainte de Revoluţie. **Intreprinderile** de centrale şi de reţele electrice de atunci, devenite filiale, au pierdut practic dreptul la iniţiativă . Ele au fost puse doar în situaţia de a administra sărăcia şi de a aspira la statutul de centru de costuri .

Este de aşteptat ca majorarea preţului energiei , neînsoţită de restructurare şi de crearea unei pieţe, să ducă la consumarea de resurse suplimentare din economie, fără să fie rezolvate problemele modernizării şi dezvoltării industriei energiei. Gravele probleme bugetare şi marele deficit public fac imperios necesară atragerea de capital privat. Paradigma serviciului public, cu totul contraproductivă sub acest aspect , nu mai are relevanţă pentru întreg ansamblul industriei energiei , centrându-se acum pe reţea. Reţeaua este singura componentă a industriei integrate care rămâne în termeni generali un monopol. Reţeaua de transport, formator de piaţă şi apărător al interesului public, ramâne să fie puternic reglementată .

Funcţia de coordonare a reţelei apare profund schimbată . Ea se va exercita prin semnale economice către piaţă. Azi, operatorul are control deplin asupra grupurilor energetice pe care le încarcă sau descarcă . Mâine , producătorii însişi îşi vor adopta decizia de funcţionare pe baza cunoaşterii costurilor marginale transmise de operatorul de reţea ca semnale pe piaţă .

Centralele, în special cele termoelectrice, grupate în câteva entităţi comerciale pe o bază echitabilă, trebuie să concureze pe o piaţă transparentă. Descentralizarea este susţinută şi de nevoia creării unei pieţe a energiei termice. Majoritatea termocentralelor din oraşe produc combinat energie electrică şi termică. Din păcate, nu se cunoaşte încă dimensiunea optimă a unei structuri de producere.

Nu este obligatoriu ca privatizarea producătorilor să fie făcută peste noapte. În Norvegia încă nu s-a produs o schimbare de proprietate, dar, este adevărat, problemele capitalului şi tehnologiei sunt rezolvate cu uşurinţă în această ţară . Pentru obţinerea unui preţ bun, la vânzarea termocentralelor se pot ataşa iniţial unele contracte de producere/achiziţie pe perioade determinate, deşi acestea vor îngreuna într-o oarecare măsură constituirea pieţei libere .

Nu este suficient de clar nici dacă reţelele de distribuţie a energiei electrice reprezintă sau nu un monopol natural (local , regional), economiile de scară fiind incerte . O competiţie reală apare în cazul în care consumatorul final de energie are dreptul şi posibilitatea de a-şi alege liber furnizorul .

Cu excepţia celor importanţi, într-o primă etapă consumatorii pot fi reprezentaţi de societăţi de vânzare cu de-amănuntul: companii de distribuţie sau alţi operatori de piaţă . Competiţia în acest domeniu poate duce la extinderea activităţii societăţilor de la vânzare de electricitate la prestare de servicii energetice, posibil în combinaţie cu alte servicii. Tarifele ar putea fi adaptate la nevoile comunităţilor locale, cu scopul de a fi sprijinite anumite categorii de consumatori şi activităţi .

Restructurarea domeniului va fi modelată în esenţă de **Legea energiei electrice şi termice**. Numeroasele variante de proiect de lege întocmite până acum au exprimat, din păcate , opinii parţiale. Prin o serie de formulări s-a încercat să se conserve elemente-cheie ale sistemului existent . Aşa cum s-a procedat pretutindeni, inclusiv în România antebelică, acest important proiect legislativ trebuie dat publicităţii înainte de începerea dezbaterilor parlamentare. Legislaţia energiei nu mai trebuie să poarte amprenta unor interese unilaterale .

ANEXĂ

În ce condiţii modelul "cumpărătorului unic (CU)" poate fi o etapă intermediară în realizarea pieţei energiei electrice

Modelul cumpărătorului unic a fost "lansat" de Franţa, pentru a-şi menţine poziţia în exportul de electricitate (de origine nucleară) în cadrul pieţei europene a energiei. EdF, sigurul producător semnificativ de electricitate din Franţa, obţine peste 95 % din producţie din centrale nucleare şi hidroelectrice.

CU exprimă, aşa cum arată şi numele, o **piaţă angro cu un singur cumpărător** şi ar avea următoarea misiune:

- să cumpere energia de la producători (centrale electrice) "în ordinea de merit" ;
- să revândă energia la acelaşi preţ şi fără profit, după ce a adăugat cheltuielile proprii, societăţilor de distribuţie sau, eventual, direct marilor consumatori;
- să asigure transparenţa acestei pieţe de un tip special.

Principial, CU poate îndeplini acest rol numai dacă este o organizaţie independentă, **puternică sub aspect financiar** şi nu deţine producători proprii de energie (de exemplu, este o companie de reţele electrice). La limită , ar putea avea şi centrale nucleare sau hidroelectrice, care au un regim deosebit de funcţionare. EdF are în mare măsură această ultimă particularitate.

Este de observat că un sigur cumpărător pe piaţă (cu ridicata) nu poate fi suficient de motivat în creşterea propriei eficienţe . Acesta va putea cu uşurinţă să mărească birocraţia şi personalul propriu, având acoperite costurile în orice condiţii . Pe de altă parte, consumatorii , care ar trebui să fie protejaţi , nu vor avea libertatea să negocieze direct cu producătorii cele mai avantajoase condiţii de alimentare cu energie. Soluţia franceză admite numai situaţii marginale de contracte directe , de care pot beneficia un mic număr de consumatori.

Modelul CU de companie de electricitate ar putea fi adoptat în România numai ca o scurtă etapă tranzitorie şi fără cuprinderea termocentralelor, reproducându-se, practic, structura industrială existentă acum în Franţa. Restructurarea nu poate fi considerată încheiată până când producătorii de energie electrică nu vor concura pe o piaţă reală, pe care să întâlnească nemijlocit cumpărătorii finali de energie. Numai astfel se vor putea găsi banii pentru modernizare tehnologică , creându-se condiţiile pentru creşterea eficienţei şi menţinerea preţului energiei în limite acceptabile .

BIBLIOGRAFIE

[1] * * * *Energiy Policies of IEA Countries* - France , 1996 Review , IEA/OECD

[2] * * * *An Energy Policy for the European Union* - White Paper of the European Commission , Document COM(95) 682 FINAL , ECSC -EC-EAEC , Brussels , January 1996

[3] * * * *European Energy to 2020* , A Scenario Approach, EC - DG - XVII , Spring 1996

[4] Perez-Arriaga, I., Rudnick, H., Stadlin , W. *International Power System Transmission Open Access Experience.* In: IEEE Trans. on Power Systems ,Vol. 10, No. 1 , February , 1995

[5] Vieira Filho, X. ş.a. *Methods and Tools for Transmission Costs* , CIGRE-TF-38.04.03 Report, June , 1996

[6] * * * International Power Generation , November , 1996 (Changes quicken in the US electricity supply industry s.a.)

[7] Nadel , S. *Energy Sector Restructuring: International Experience* , E-notes Vol. VI , No. II, Nov. 1996

[8] Constantinescu, J. *Opţiuni de organizare a pieţei energiei electrice în România - Serviciu public, integrare , competitie.* In: Energetica 44, nr. 3B , 1996

[9] Constantinescu, J. *Energy Efficiency and Sustainable Development* , Workshop World Watch , Bucureşti , martie 1996

[10] * * * ICEMENERG, *Programarea funcţionării optimale a SEN pe perioade medii de timp* , C4.059, 1995-1996.

POLITICA PREŢULUI ENERGIEI ELECTRICE, SURSELE DEZVOLTĂRII SISTEMULUI ŞI ARMONIZAREA DEOSEBIRILOR DE INTERESE ÎNTRE FURNIZOR ŞI CONSUMATOR

drd. ing. ION CONECINI
Comitetul de Strategie şi Reformă - RENEL

ing. PAUL MITRU
GTDEE - RENEL

Articolul detaliază cei patru factori principali care determină politica preţului energiei electrice şi, cu toate deosebirile de interese între furnizorul de energie electrică şi consumatori, reuşeşte să descopere şi să evidenţieze zona de interese comune.

Descriind cele 18 posibilităţi de facturare existente în România, se prezintă categoriile de consumatori la care acestea sunt recomandate.

The paper focuses on the main factors which determine the electricity price and irrespective of the interest differences between the electricity supplier and consumer, the authors succeed in identifying and underlining the area of common interests.

The 18 pricing methods used at present in Romania are reviewed tagether with the specific consumer categories to which theg are applied.

Descriptori: tarife, preţuri, politici energetice

Politica preţului energiei electrice este determinată de patru factori principali, şi anume:

- forma de proprietate asupra sistemului energetic;
- sursele energetice primare din ţară;
- structura consumului de energie electrică;
- asigurarea acoperirii costurilor de operare şi de întreţinere, precum şi a fondurilor de dezvoltare a sistemului energetic.

În cele ce urmează, se prezintă, pe scurt, importanţa fiecăruia din factorii enumeraţi.

Forma de proprietate a sistemului energetic rezervă proprietarului acestor mijloace o influenţă majoră în stabilirea nivelului preţului de livrare a energiei electrice. În mod obiectiv, oricare proprietar, în afara statului, nu-şi permite să livreze energie electrică la un preţ care să nu-i asigure acoperirea costurilor şi a fondurilor de dezvoltare.

În România, Regia Autonomă de Electricitate - RENEL, asigură generarea, transportul şi distribuţia energiei electrice în proporţie de peste 90 % din necesarul ţării.

RENEL funcţionează ca o regie autonomă, dar, pentru că întregul capital este în proprietatea statului, toată activitatea economico-financiară este controlată de guvern.

Sursele energetice primare reprezintă un alt factor care influenţează politica preţului energiei electrice.

Ţările care dispun de surse energetice primare la nivelul necesarului curent şi de perspectivă se pot considera independente din punct de vedere energetic şi pot gândi dezvoltarea ramurilor economiei în funcţie de cerinţele pieţii şi nu de consumul de energie necesar acestor dezvoltări. Această politică se realizează prin intermediul preţului energiei electrice livrate.

România fiind o ţară săracă în surse energetice primare, pentru acoperirea necesarului trebuie să importe anual cantităţi din ce în ce mai mari. Astfel, la păcură în anul 1994 s-a importat 32,2 % din necesar, în 1995 - 60,2% şi în 1996 - 75,9%; aceeaşi tendinţă s-a manifestat şi la gazele naturale, importurile fiind de 29,1% în 1994, de 33,5% în 1995 şi 42,1% în 1996.

La cărbuni importurile au fost relativ scăzute: 0,8% în 1994 şi 1995, respectiv 1,4% în 1996.

Structura consumului de energie electrică

Cu toate eforturile financiar-valutare deosebit de mari pentru importul de completare a surselor primare energetice, politica de până acum a fost să menţină preţul energiei electrice livrate la un nivel cu mult sub preţurile din ţările europene dezvoltate pentru a subvenţiona industriile uneori energofage, aşa-zise aducătoare de valută (metalurgia, industria aluminiului, industria hârtiei, industria chimică, a cimentului etc.).

Rezultatele unei asemenea politici asupra nivelului preţului energiei electrice consumate în România au fost:

- creşterea intensităţii energetice (consumul de energie electrică pe unitatea de PIB). În România acest indicator sintetic de eficienţă este de 3-4 ori mai mare decât în ţările dezvoltate şi de două ori mai mare decât în ţările vecine.

În acest fel se stimulează un efort neperformant, deoarece produsele care au înglobată o mare cantitate de energie se pot vinde la preţuri mici pe piaţa externă datorită preţului mic al energiei consumate; practic se realizează un dumping;

- costurile de operare şi de întreţinere, precum şi fondurile de dezvoltare nu se pot asigura, conducând la pierderi importante care nu mai pot fi recuperate;

- nemotivarea unor oameni de afaceri, care dispun de resurse financiare, de a investi în energetica românească etc.

În anexa 1 se prezintă producţia şi sursele energetice primare, iar în anexa 2 se prezintă consumul de energie electrică din România în ultimii trei ani.

Sursele dezvoltării sistemului

Sursele dezvoltării sistemului se regăsesc în preţul de livrare al energiei electrice şi se manifestă pe două căi:

- nivelul preţului trebuie să asigure acoperirea costurilor de operare-întreţinere şi fondurile proprii de dezvoltare;

- încurajarea oamenilor de afaceri care dispun de resurse financiare să investească în dezvoltarea sistemului; acestea constituie surse externe atrase de dezvoltare şi nu pot fi neglijate.

Armonizarea deosebirilor de interese între furnizor-consumatori

Deosebirea dintre interesele furnizorului de energie electrică şi ale consumatorului se manifestă, în ultimă instanţă, tot în jurul nivelului preţului de livrare.

Furnizorul, în mod obiectiv, are interes ca preţul de livrare al energiei electrice să acopere costurile de operare-întreţinere şi de dezvoltare, pentru ca energia livrată să se încadreze în parametrii calitativi prescrişi.

Consumatorul are interes să fie alimentat cu energie electrică la un preţ cât mai mic, în condiţii de calitate corespunzătoare, pentru a-şi desfăşura activitatea de producţie cu profit cât mai bun.

Pentru că aceşti doi parteneri nu pot trăi unul fără altul, trebuie să-şi armonizeze interesele.

Furnizorul de energie electrică, pentru a-şi atrage cât mai mulţi consumatori cărora să le livreze energie, propune preţuri de livrare care să corespundă intereselor acestora, astfel:

- consumatorilor care lucrează în timpul nopţii, cum ar fi brutăriile, fabricile de produse culinare, iluminatul public, irigaţiile în agricultură etc., li s-au propus tarife de noapte, care se situează la jumătatea tarifelor din timpul zilei. Această înlesnire este permisă, întrucât în timpul nopţii costurile de generare sunt mai reduse;

- consumatorilor care lucrează în trei schimburi li s-au oferit tarife autoreglabile ca nivel, în funcţie de perioada din zi în care se consumă energia electrică, de puterea pe care o absorb în orele de vârf de sarcină ale sistemului energetic şi de durata de utilizare a puterii maxime din afara orelor de vârf de sarcină.

Un astfel de tarif se prezintă în anexa 3; pe curba preţului mediu rezultat este marcată zona de interese comune.

Consumatorul de energie electrică, la rândul său, vine în întâmpinarea furnizorului şi îşi programează activitatea productivă de-a lungul celor 24 de ore, în aşa fel încât să deranjeze cât mai puţin sistemul energetic şi, ca urmare, să primească energia la preţul cel mai convenabil intereselor lui, care de această dată corespund cu interesele furnizorului.

Astfel, cei doi au găsit soluţii să poată conviețui ca adevăraţi parteneri de afaceri.

În anexa 4 se prezintă, pe scurt, descrierea generală a tipurilor de tarife pentru energia electrică existente în România.

Recomandări privind alegerea tarifelor pentru creşterea eficienţei energetice în activitatea proprie a consumatorilor

La baza stabilirii fiecăreia din cele 18 posibilităţi de facturare au stat următoarele principii generale:

- acoperirea cheltuielilor legate de producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice;

- aplatisarea curbei de sarcină a Sistemului Energetic Naţional (SEN);

- asigurarea unor preţuri medii de livrare economice.

În funcţie de specificul activităţii, pentru deferite categorii de consumatori se recomandă anumite tipuri de tarife. Aplicarea acestora duce la realizarea unui preţ mediu convenabil pentru consumator, iar pentru furnizor, la optimizarea producţiei şi transportului energiei electrice, deci la realizarea unui cost de producţie minim.

Tariful binon diferenţiat, tip A, se negociază pentru principalii mari consumatori industriali şi similari, care au regim de lucru în schimburi, cu posibilităţi de reducere a puterii la vârf, din domeniile: metalurgie, siderurgie, flotaţia centrală din cadrul industriei miniere, neferoase, construcţii de maşini, industria electronică şi electrotehnică, industria chimică, industria uşoară, fabrici de ciment, mobilă, materiale de construcţii, industria sticlei şi a porţelanului.

Tariful monom diferenţiat, tip B, este recomandat consumatorilor industriali şi similari care

nu dispun de echipamente de măsurare corespunzătoare în funcţiune pentru aplicarea tarifului binom diferenţiat, tip A.

Tariful binom simplu, tip C, se aplică la consumatorii care au receptoare electrotermice cu puteri unitare mai mici de 50 kW sau cu puteri totale instalate de până la 100 kW, precum şi la ceilalţi consumatori care solicită în mod expres garantarea puterii contractate. Acest tarif este eficient pentru consumatorii din alimentarea publică, diverse prese şi prelucrări de mase plastice şi cauciuc, laboratoare de cofetărie-patiserie.

Tarifele monom diferenţiate după ore de zi şi de noapte, tip E 1 şi E 2, sunt eficiente şi se recomandă la consumatorii cu regim de lucru preponderent în timpul nopţii, ca, de exemplu, fabrici de pâine, cantine, irigaţii, iluminat public, spălătorii şi călcătorii electrice, mori acţionate electric, tipografii, încălzirea apei menajere în boilere.

Tarife pentru energia electrică la populaţie

Începând din aprilie 1994, pentru consumatorii casnici sunt oferite două tipuri de tarife:

1. Tarif monom simplu.

2. Tarif monom diferenţiat în funcţie de perioada de consum:

- consum între orele 6 - 22 în zilele lucrătoare;
- consum între orele 22 - 6 în zilele lucrătoare şi tot consumul în zilele de sâmbătă şi duminică.

Tariful monom diferenţiat este recomandat consumatorilor casnici care realizează un consum mediu anual de peste 2000 kWh. Funcţie de ponderea consumului realizat în perioada de noapte şi în zilele de sâmbătă şi duminică, preţul mediu al energiei consumate poate fi redus substanţial sub preţul energiei facturate în tariful monom simplu.

Sistemul actual de tarifare este complet, practic, modern şi mai complex decât cele existente în unele ţări europene.

ANEXA 1

Producţia de energie electrică realizată de RENEL în ultimii trei ani

Tip combustibil	1994				1995				1996			
	SURSE [GWh]				SURSE [GWh]				SURSE [GWh]			
	Total	ţară	import	%[3/1]	Total	ţară	import	%[7/5]	total	ţară	import	%[11/9]
Cărbune	19860	19708.9	151.5	0.8	20553.2	20406.8	146.4	0.7	20494	20207	286,9	1.4
Păcură	6468.4	4383.3	2085.1	32.2	6666.6	2656.1	4010.5	60.2	7607.6	1832.4	5772.2	75.9
Gaze	14039	9953.2	4085.8	29.1	13943.4	9266.1	4677.3	33.5	14648	8480.4	6167.5	42.1
Apă	12967	12966.9	0	0	16631.1	16631.1	0	0	15684	15684	0	0
Nucleare	0	0	0	0	0	0	0	0	1386	1386	0	0
TOTAL	53335	47012.3	6322.4	11.9	57794.3	48960.1	8834.2	15.3	59819	47589	12229.6	20.4

ANEXA 2

Consumul de energie electrică din România în ultimii trei ani

[GWh]

	1994	1995	1996
Total consum , din care:	42529	44981	46721
1. Industrie, din care:	25695	27554	29869
1.1. Industria Metalurgică	7765	8515	8267
1.2. Industria Chimică	5502	6307	5514
1.3. Industria Textilă	799	748	725
1.4. Alte ramuri industriale	11629	11984	15363
2. Agricultură	3273	2859	3321
3. Alte activităţi	7067	7502	5584
4. Consum casnic	6494	7066	7947

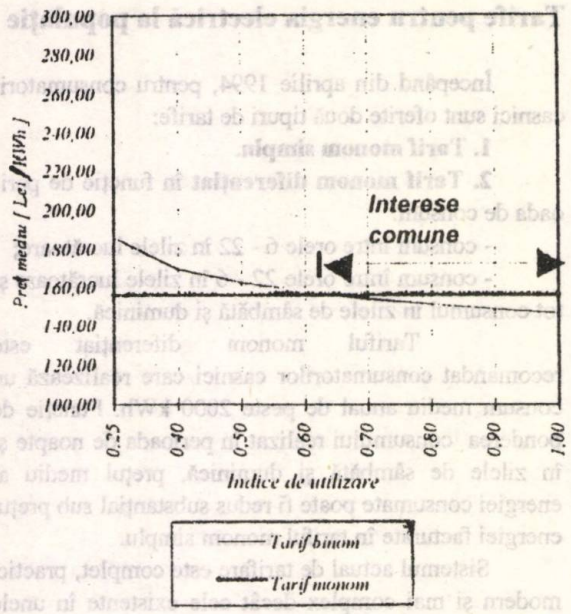
ANEXA 3

Nivelul preţului mediu pentru energia electrică în raport cu modul de utilizare a acesteia şi cu tensiunea în punctul de delimitare a instalaţiilor

Medie tensiune

[lei/kWh]

Pondere P_V/P_R	Indice utilizare	Tarif binom	Tarif monom
0,75	0,25	186,16	156,40
0,75	0,40	169,30	156,40
0,75	0,50	162,48	156,40
0,75	0,60	157,51	156,40
0,75	0,70	153,73	156,40
0,75	0,80	150,76	156,40
0,75	0,90	148,36	156,40
0,75	1,00	146,38	156,40



ANEXA 4

Descrierea generală a tipurilor de tarife pentru energia electrică existente în România

Tarife pentru energia electrică activă

Tariful binom diferenţiat, tip A, reprezintă forma cea mai completă de facturare a consumului de energie electrică activă practicată în România.

Nivelul tarifului este determinat de următoarele elemente:

- taxa pentru putere în orele de vârf de sarcină din timpul serii;
- taxa pentru putere în restul orelor;
- preţul pentru energia consumată în orele de vârf de sarcină din timpul serii;
- preţul pentru energia consumată în restul orelor.

Taxa de putere din orele de vârf se aplică la cea mai mare putere pe sfert de oră absorbită în perioada de facturare.

Taxa de putere în restul orelor se aplică la diferenţa dintre cea mai mare putere medie pe sfert de oră din intervalul de facturare şi cea mai mare putere medie pe sfert de oră din orele de vârf de sarcină din timpul serii. Când puterea absorbită în orele de vârf este mai mare decât puterea absorbită în restul orelor, taxa pentru putere în restul orelor nu se aplică.

Taxa de putere este anuală, dar se aplică lunar, proporţional cu perioada de facturare, prin împărţirea la 12.

Cele două taxe de putere au rolul să acopere cheltuielile constante, legate de producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice, şi să contribuie la aplatisarea curbei de sarcină prin descurajarea agenţilor economici de a utiliza puterea maximă într-o perioadă scurtă de timp.

De asemenea, taxa de putere în orele de vârf contribuie la aplatisarea curbei de sarcină prin intervalul său ridicat faţă de nivelul taxei din restul orelor.

Preţul mediu se autoreglează în funcţie de regimul de lucru al consumatorului, aducând acestuia economii importante în cazul funcţionării în trei schimburi, cu puteri mai reduse în timpul orelor de vârf.

Tariful monom diferenţiat, tip B, reprezintă, ca formă, numai componenta pentru energie din tariful binom diferenţiat. El este format din preţul pentru energia electrică consumată în orele de vârf de sarcină din timpul serii şi din preţul pentru energia consumată în restul orelor.

Aplicarea acestui tarif nu are eficienţa tarifului binom diferenţiat în aplatisarea curbei de sarcină, dar nu poate fi ignorat, întrucât, din lipsa instalaţiilor de măsurare corespunzătoare aplicării tarifului binom diferenţiat - tip A -, el poate fi aplicat în locul acestuia cu suficient succes. Şi în cazul aplicării acestui tarif, preţul mediu se autoreglează în funcţie de regimul de lucru al consumatorului.

Tariful binom simplu, tip C, se poate aplica pe o scară largă la consumatorii care la contractare solicită o anumită putere pe care furnizorul are obligaţia să o asigure permanent, precum şi la consumatorii cu receptoare electrotermice, cu puteri unitare peste 2 kW, dar mai mici de 50 kW, sau puteri totale de până la 100 kW.

Tariful este format din componenta pentru puterea contractată şi componenta pentru energia consumată.

Puterea contractată este cea care a fost negociată cu consumatorul şi este precizată în avizul de racordare.

Tariful monom simplu, tip D, reprezintă forma cea mai simplă de facturare a energiei electrice active. Acest tarif este ineficient atât pentru consumator, cât şi pentru furnizor, fiind lipsit de posibilitatea de a acorda bonificaţii consumatorilor care au un regim constant de lucru pe cele trei schimburi, sau în situaţia în care consumatorul are regim discontinuu de funcţionare.

Facturarea energiei electrice active pe baza tarifului monom simplu, tip D, se recomandă pentru consumatorii care nu au activitate productivă, respectiv pentru iluminatul spaţiilor din şcoli, spitale, instituţii administrative, servicii publice şi altele asemenea.

Tariful monom diferenţiat de zi-noapte, tip E 1, are două componente:

- componenta de zi, care se aplică pentru consumul de energie electrică în orele de zi, intervalul 6-22 al zilelor lucrătoare, de luni până vineri;
- componenta de noapte, care se aplică pentru consumul de energie electrică din timpul nopţii, cuprins în intervalul 22-6, de luni până vineri, şi pentru tot consumul din zilele de sâmbătă şi duminică.

Acest tip de tarif a fost introdus cu scopul evident de a deplasa o parte din consumul de energie electrică spre orele de noapte şi spre zilele de sâmbătă şi duminică, având ca efect principal umplerea golului de noapte şi din zilele nelucrătoare ale curbei de consum.

De asemenea, prin trecerea consumului spre noapte se face mai uşor reglajul nivelului de tensiune, ceea ce are ca efect mărirea stabilităţii sistemului energetic.

Tariful tip E 1 este deosebit de benefic pentru consumatorii care au specific de lucru noaptea: tipografii, fabrici de pâine, laboratoare de cofetărie-patiserie, cantine, sau pentru consumatorii care se pot adapta la acest regim (irigaţii, balastiere, silozuri de cereale).

Tariful monom diferenţiat, tip E 2, este o formă simplificată a tarifului E 1, care diferenţiază numai consumul de zi (6-22) faţă de cel de noapte (22-6).

Acest tip de tarif este deosebit de avantajos pentru primării, la tarifarea iluminatului public, precum şi pentru alte categorii de consumatori care îşi desfăşoară activitatea noaptea.

Tarife pentru energia electrică reactivă

Cantitatea de energie electrică reactivă înregistrată la consumator determină valoarea factorului de putere sub care se consumă energia electrică activă.

În condiţiile specifice de funcţionare a sistemului energetic naţional din România s-a stabilit valoarea optimă a factorului de putere de 0, 92.

Tarife pentru energia electrică la populaţie

Începând cu aprilie 1994, pentru consumatorii casnici sunt oferite două tipuri de tarife

1. Tarif monom simplu.

2. Tarif monom diferenţiat în funcţie de perioada de consum:

- consum între orele 6-22 în zilele lucrătoare;
- consum între orele 22-6 în zilele lucrătoare şi tot consumul în zilele de sâmbătă şi duminică.

Tariful monom diferenţiat este recomandat consumatorilor casnici care realizează un consum anual de peste 2000 kW. Funcţie de ponderea consumului realizat în perioada de noapte şi în zilele de sâmbătă şi duminică, preţul mediu al energiei consumate poate fi redus substanţial sub preţul energiei facturate în tariful monom simplu.

Sistemul actual de tarifare este complet, practic, modern şi mai complex decât cele existente în unele ţări europene.

ANEXA 5

Calculul preţului în tariful binom

$$A_{11} = \frac{K_p T_V + T_R(1-K_p) + K_p \cdot O_V \cdot 30{,}5 \cdot K_U \cdot t_V + P_R O_R \cdot 30{,}5 K_U t_R}{K_U \cdot 24 \cdot 30{,}5} =$$

$$= [\text{lei/ KWh}]$$

unde:

$$K_P = \frac{P_V}{P_R};$$

$$K_U = \frac{d_U}{732\,ore} \quad \text{(indice de utilizare a } P_R\text{)};$$

$$d_U = \frac{W_{total}}{P_R} \quad \text{(durata de utilizare a } P_R\text{)},$$

în care:

P_V este puterea medie maximă pe 15' din vârf ;

P_R - puterea medie maximă pe 15' din restul orelor ;

O_V - 3,69 ore/zi, reprezintă media numărului de ore de vârf pe an ;

O_R - 20,31 ore/zi reprezintă media numărului de ore din afara vârfului ;

T_V - taxa de putere în orele de vârf ;

T_R - taxa de putere în restul orelor ;

t_V - preţul energiei electrice consumate în orele de vârf;

t_R - preţul energiei electrice consumate în restul orelor.

(continuare din p. 339)

Lucrarea are 723 pagini, cuprinde 787 figuri şi 36 tabele, la sfârşitul fiecărui capitol făcându-se bogate referiri bibliografice, care însumează 242 titluri. Este structurată în două părţi, din care partea I conţine primele zece capitole, iar partea a II-a conţine restul capitolelor, numerotate până la 29 inclusiv.

*Partea I, **"Procese termodinamice în turbinele cu abur şi gaze"**, prezintă relaţiile curgerii fluidelor compresibile, curgerea prin reţele de palete fixe şi transformările termodinamice în reţelele de palete mobile, cercetări asupra curgerii în reţele de palete, pierderi şi randamente, ciclurile turbinelor şi calculul termo-dinamic pentru regimul economic şi funcţionarea în regim variabil.*

*Partea a II-a, **"Construcţia şi calculul de rezistenţă şi de vibraţii"**, se referă la paletele şi discurile rotorului (inclusiv echilibrarea rotorului), arborele turbinei, paletele statorului, precum şi la etanşări, carcase, lagăre şi sisteme de reglare, ungere şi condensare şi la instalaţiile de automatizare, măsurate şi prelucrare a datelor. Sunt prezentate, totodată, şi construcţii reprezentative de turbine cu abur din străinătate şi mai ales din ţară, precum şi de turbine cu gaze staţionare şi pentru aviaţie.*

În carte se dau următoarele exemple de calcul foarte utile pentru proiectanţii de turbine cu abur:

- calculul termodinamic al unei turbine cu abur cu condensaţie de 3 MW de tipul cu acţiune;

- calculul de rezistenţă al discului unei turbine de 3 MW.

Cartea se adresează unui cerc larg de cititori, de la studenţii universităţilor tehnice, care au prevăzute în programele de învăţământ probleme privind calculul şi construcţia turbinelor cu abur şi cu gaze, până la specialiştii cu activităţi în domeniile proiectării, fabricării şi exploatării de turbine cu abur şi cu gaze.

Considerăm că lucrarea se constituie ca un foarte preţios îndreptar în activitatea tuturor acestor categorii de ingineri sau viitori ingineri, ea caracterizându-se printr-un înalt nivel ştiinţific şi prin elemente tehnice de mare actualitate în domeniul categoriei de turbomaşini la care se referă. ❐

CONTENTS

Symposium on **"The policy in the Romanian power sector: monopoly, competitiobn, privatization"** 299

SORIN DIMITRIU: Some remarks about the electricity sector reform 301

AURELIU LECA: The energy sector in Romania: reality and prospects 307

NECULAI LICIU: The domains of competition and public services in the electricity industry - The essential part plaued by the electrical network 313

WALT PATTERSON, MICHAEL GRUBB: Priorities in the electricity generating industry taking into account our country back ground and that of the European Community policy 322

VIRGIL MUŞATESCU: Competition, development and trade opprtuniries. The place of the independent energy producers 330

VICTOR ROMERT: Possible energy policies: monopolis, corporations, privatization. A comparative analysis 337

ROBERTO FIGUEREDO: Options for the Romanien power sector restructuring 340

JEAN CONSTANTINESCU: Pressident of the Energy Commission of the Consultative Committee of the Ministry of Technology and Research 341

IOAN CONECINI: Policy of energy prices: the development sources and the conflict of interest harmonization 347

REVIEW 339, 351

INHALT

Das Symposium **"Die Politik im Bereich der Elektroenergie in Rumänien: Monopol, Wettbewerb, Privatisierung"** 299

SORIN DIMITRIU: Einige Betrachtungen zur Reformpolitik im Energiebereich 301

AURELIU LECA: Der Energiebereich in Rumänien - Realität und Aussicht 307

NECULAI LICIU: Prioritäten im Bereich des Regelwerks für die Elektrizitätswirtschaft unter Berücksichtigung der Umstände in unserem Lande sowie der Politik der Europäischen Union 313

WALT PATTERSON, MICHAEL GRUBB: Die Liberalisierung des Europäischen Elektrizitätsmarktes 322

VIRGIL MUŞATESCU: Mögtlichkeiten für den Wettbewerb,für die Entwicklung und für den Handel; Die Rolle der unabhängigen Energieproduzenten 329

VICTOR ROMERT: Mögliche Varianten der Energiepolitik: Monopole, Körperschaften. Eine vergleichende Analyse 336

ROBERTO FIGUEREDO: Optionen bei der Umstrukturienung der rumänischen Energie-wirtschaft 340

JEAN CONSTANTINESCU: Die Bereiche des Wettbewerbs und des öffentlichen Dienstes in der Energiewirtschaft.Die wesentliche Rolle des elektrischen Netzes 341

IOAN CONECINI: Die Politik der Energiepreise:die Quellen der Entwicklung und die Schlichtung der unterschiedlichen Interessen 347

REZENSION 339, 351

CONTENTS

Conférence **"La politique de l'énergie électrique en Roumanie: monopole, competition, privatisation"** 299

SORIN DIMITRIU: Considérations sur la politique de réforme dans le secteur de énergie 301

AURELIU LECA: Politique énergétique possibles: monopoles, corporations, privatisation. Une analyse comparative 307

NECULAI LICIU: Les priorités de la réglementation dans l'insustrie de l'énergie électrique eu égard au contexte roumain et au contexte de la politique des Communautés Européennes 313

WALT PATTERSON: L'libéralisation du marché européen de l'électricité 322

VIRGIL MUŞATESCU: Les opportunités de compétition, de développement et de commerce. La rôle des producteurs indépendants d'énegie the European Community policy 329

VICTOR ROMERT: Le secteur de l'énergie en Roumanie: réalité et perspective 336

ROBERTO FIGUEREDO: Options concernant la restructuration du secteur énergétique roumain 340

JEAN CONSTANTINESCU: Les zones de compétition et de service public dans l'indusrie l'énergie électrique. Le rôle essentiel du réseau électrique 341

IOAN CONECINI: La politique des pirx de l'énergie: les sources du développement et l'harmonisation des écarts d'intérêts 347

COMPTE - RENDUE 339, 351

СОДЕРЖАНИЕ

Симпозиум **"Политика в области элкрической энргии в Румынии: монополя, соврнование, приватизация"** 299

СОРИН ДУМИТРИУ: Некоторые соображения относительно политики реформы в энергетической отрасли 301

АУРЕЛЮ ЛЕКА: Энергетическая отрасль в Румынии: деиствительность и перспективы 307

НЕКУЛАЙ ЛИЧУ: Приоритетные здачи в облсти регламентации в электроэнергетической отрасли с учетом условий в нашей стране и политики Европейского Сообщества 313

ВАЛТ ПАТТЕРСОН, МИКАЕЛ ГРУББ : Либерализация рынка электроэнергии в Европе 322

ВИРДЖИЛ МУШАТЕСКУ: Возможности для соревнования, развития и торечовли 329

ВИКТОР РОМЕРТ: Возможные варианты энергетической политики : монополии, корпорации, приватизация 336

РОБЕРТО ФИГУЕРЕДО: Возможные решения при изменении структуры румынской еергетики 340

ДЖЕАН КОНСТАНТИНЕСКУ: Области соревнования и общественного обслуживания в электроэнергетической отрасли. Сущевенная роль электрических сетей 341

ИОН КОНЕЧИНИ: Политика цен на электроэнергию: источники развития и гармонизация интересов 347

РЕЦЕНЗИЯ 339, 351

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR 1883

Regia Autonomă de Electricitate Romania RENEL

Grupul de Studii, Cercetare şi Inginerie

Bd. Energeticienilor 8, 79619 Bucureşti, Romania
tel. 401 321 6966, 401 323 6730, fax 401 321 1010
e-mail: cide@cci. vsat. ro, telex: 10783 gsci r
Cont bancar: 30.11.8.01.01 BCR fil. sect. 3, Bucureşti

CIDE - CENTRUL DE INFORMARE ŞI DOCUMENTARE ENERGETICĂ
tel.: 321.69.66/307; 323.67.30/235; fax.: 321.10.10

Serviciul Documentare
tel. 321 69 66/ 149

Serviciul Editură
tel. 323 67 30/ 144

Serviciul Tipografie
tel. 323 67 30/ 287

Serviciul Arhivare şi Protecţia Proprietăţii Intelectuale
tel. 321 69 66/ 245 şi 288

PRINCIPALELE ACTIVITĂŢI

- Conceperea şi coordonarea sistemului de activităţi de informare documentară în conformitate cu strategia RENEL.
- Selectarea, analizarea, prelucrarea şi diseminarea informaţiilor din domeniul energiei.
- Administrarea bazei de date bibliografice SIDEnerg.
- Realizarea de cercetări bibliografice şi sinteze documentare pe teme date.
- Elaborarea, redactarea şi editarea de publicaţii primare sau secundare.
- Efectuarea de traduceri prelucrate şi retroversiuni.
- Asigurarea de servicii editoriale, de tipografie şi fotomultiplicare.
- Asigurarea serviciului de arhivare şi de protecţie a proprietăţii intelectuale.

CIDE VĂ OFERĂ

- Cercetări bibliografice pe teme date
- Traduceri prelucrate şi retroversiuni
- Servicii de împrumut bibliotecar
- Servicii de tipografie şi xerografiere
- Procesare computerizată, text şi imagine
- Publicaţii: Energetica
  Producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice şi termice
  Securitatea muncii
  Buletin informativ pentru energie
  Normative energetice

100 % INFORMAŢIE

CIDE

8 ENERGETICA
E2039
FF
8 000000 486165
Romania
RENEL
AUGUST 1997
ENERGETICIENI PROTEJAȚI NATURA!

Vă informăm că a apărut nr. 1 al publicaţiei ***IMPULS***, buletin de informare al RENEL.

Publicaţia este destinată intensificării circulaţiei de informaţii între conducerea RENEL şi clienţii consumatori.

Tema principală a buletinului va fi concentrată pe problematica reformei şi restructurării economiei naţionale, cu aplicare directă la unităţile RENEL.

Buletinul de informare ***IMPULS*** apare sub coordonarea Comitetului de Strategie şi Reformă condus de preşedintele RENEL.

ORSZÁGOS KÖZPONT 1883

ENERGETICA e®

REVISTA DE SPECIALITATE
A ENERGETICIENILOR
DIN ROMÂNIA

ISSN: 1220 - 5133

ANUL 45 | Nr. 8 | AUGUST 1997

Include şi *Buletin Informativ ENERGETICA*

Revista ENERGETICA a fost înfiinţată în anul 1953, continuând tradiţia vechilor publicaţii inginereşti care au avut preocupări în domeniul energiei ca, de exemplu:
- Diaru pentru vulgarizarea ştiinţelor naturale şi fizice (1870 - 1882);
- Buletinul Societăţii Politehnice (1887 - 1944);
- Buletinul Asociaţiei Generale a Inginerilor din România - AGIR (1919 - 1946);
- ENERGIA, editată de ing. Dumitru Leonida (1921);
- Buletinul Asociaţiei Producătorilor şi Distribuitorilor de Energie Electrică - APDE (1932 - 1944);
- Buletinul Institutului Român de Energie - IRE (1933 - 1944)

COLEGIUL DE REDACŢIE

BIROUL: dr. ing. Eugeniu PAVEL- preşedinte ; ing. Vasile RUGINĂ - redactor-şef ad-interim; dr. ing. Jean CONSTANTINESCU - redactor-şef adjunct; prof. dr. ing. Dumitru Cezar IONESCU - redactor-şef adjunct; dr. ing. Laurenţiu GOIA - secretar de redacţie ad-interim; ing. Lucian LEFTER; ing. Radu OPINCARU; ing. Ion CONECINI; ing. Vladimir CONSTANTINESCU; conf. dr. ing. Virgil MUŞATESCU ; ing. Dan GHEORGHIU; ing. Nicolae NICULESCU; dr. ing. Ioan GANEA; ing. Mihai NICOLAU

MEMBRI: prof. dr. ing. Florin ALEXE; ing. Ovidiu APOSTOL; prof. dr. ing. Victor ATHANASOVICI; prof. dr. ing. Adrian BADEA ; prof. dr. ing. Cornel BIANCHI; ing. Paul CARTIANU; ing. Mircea CÂRDU; prof. dr. ing. Dorin CRISTESCU; prof. dr. ing. Nicolae DĂNILĂ; prof dr. ing. Nicolae GOLOVANOV ; prof. dr. ing. Dumitru IVAS; prof. dr. ing Aureliu LECA; dr. ing. Gheorghe LUCA; dr. ing. Magdalena MATEI; ing. Cornel MOŢIU; prof. dr. ing. Constantin NEAGA; prof. dr. ing. Mircea NEMEŞ; prof. dr. ing. Valeriu NISTREANU; ing. Cornel PÂSLARU; prof. dr. ing. Alexandru POEATĂ; dr. ing. Marius POMÂRLEANU; prof. dr. ing. Florin POP; dr. ing. Teodor POPA; dr. ing. Anca POPESCU; ing. Miron POPESCU; conf. dr. ing. Petre POSTOLACHE; dr. ing. Dan Ion PREDOIU; ing. Constantin RADU; ing. Radu REGMAN; ing. Gabriel ROMAŞCU; ing. Anton ROŞU ; ing. Margarios SALGIAN; ing. Alexandru SĂNDULESCU; ing. Emilian SIMIAN; ing. Cristian TOTOLO; ing. Anton VLĂDESCU.

REDACTOR: Ana Maria CHIVU (tel. 321 69 66/149)

©Toate drepturile asupra acestei publicaţii sunt rezervate editorului. Orice reproducere, integrală sau parţială, prin indiferent ce mijloace, a materialelor apărute în paginile publicaţiei se poate face numai cu aprobarea editorului. Sunt autorizate numai citările incluse în lucrări ştiinţifice sau în alte volume, cu precizarea sursei. Opiniile exprimate în articolele publicate în revistă aparţin autorilor şi nu reflectă în mod obligatoriu punctul de vedere al editorului. Orice persoană juridică sau fizică a cărei acţiune este în concordanţă sau în contradicţie cu opiniile exprimate în materialele publicate îşi asumă riscurile urmărilor, editorul şi autorii neavând nici o răspundere.

CUPRINS

VIRGIL MUŞATESCU: Câteva consideraţii asupra consecinţelor adoptării directivei electricităţii din Uniunea Europeană 355

RAFAEL MIHALIČ: Impactul dispozitivelor FACTS asupra amortizării oscilaţiilor de putere în sistemul de transport la distanţă (*articol bilingv*) 362

MARIUS POMÂRLEANU, LIA BEJUSCU: Stabilizarea grupurilor hidroenergetice de tip bulb cu ajutorul rezistenţelor de frânare 368

GABRIEL ROMAŞCU, DUMITRU DRĂGUŞIN: Consideraţii cu privire la dimensionarea şi verificarea conductei de eşapare a supapelor de siguranţă din instalaţiile termoenergetice 371

CONSTANTIN NEAGA, LUCIAN COJOCIA: Calculul vitezei de încălzire din starea rece a unui generator de abur cu circulaţie naturală 376

LIANA TURCU: Evaluarea modificărilor caracteristicilor de material în vederea determinării duratei de viaţă pentru oţelurile slab aliate CrMoV, utilizate la confecţionarea conductelor de abur 384

GHEORGHE LĂZĂROIU, NICOLAE PĂNOIU, NICOLAE DĂNILĂ: Reglarea adaptivă a temperaturii aburului 390

Regulamentul de funcţionare al revistei ENERGETICA 395

Our review publishes ADVERTISMENTS for your PRODUCTS, TECHNOLOGIES, SERVICES, etc.

Please, contact us at the address:
Revista ENERGETICA
GSCI, B-dul Energeticienilor nr.8,
Bucure]ti III, RO 79619
Phone : (401)321 69 66/149
Fax: (401)323 95 52
Telex: 10783 gsci r

INFORMAŢII, ABONAMENTE, PUBLICITATE
Maria Tomescu (tel. 323 67 30/143)
Silvia Romanescu (tel: 323 67 30/143)
DIFUZARE: *Adela Popescu* (tel: 323 67 30/188)

Abonamentele se pot face prin dispoziţie de plată sau mandat poştal trimis pe adresa editorului. Se pot face abonamente şi cu plata direct la sediul editorului. Costul unui abonament anual este 132 000 mii lei.
Cititorii din străinătate se pot abona prin achitarea c/v abonamentului (120 $) în contul editorului .
CONT BANCAR: 30.11.8.01.01. BCR Filiala sector 3, Bucureşti (lei)
472171611010 (valută)

TIPAR:CIDE - Serviciul Tipografie.
Coperta tipărită la TIPO - AKTIS, Bucureşti

Redacţia şi administraţia : B-dul Energeticienilor, nr. 8, sector 3, 79619, Bucureşti

CÂTEVA CONSIDERAŢII ASUPRA CONSECINŢELOR ADOPTĂRII DIRECTIVEI ELECTRICITĂŢII DIN UNIUNEA EUROPEANĂ

prof. dr. VIRGIL MUŞATESCU *

Lucrarea semnalează elementele instituţionale şi organizatorice noi, dintre care unele au o influenţă economică importantă, legate de conţinutul şi modul de implementare a noii Directive pentru electricitate emisă de Comisia Europeană. Implementarea sa în ţările comunitare, precum şi efectele adoptării unor legislaţii specifice coerente cu ea în ţările asociate vor pune sigur probleme cu rezultate pe termen mediu şi lung.

În scopul unei deschideri spre concurenţă a sectoarelor de producere şi furnizare a energiei electrice, Directiva impune unele măsuri de liberalizare a pieţei interne de energie. Aceste măsuri vor trebui introduse şi în sistemul energetic românesc şi adaptate la specificul nostru.

Articolul încearcă să explice aceste aspecte şi să pornească o discuţie deschisă asupra lor în cadrul revistei Energetica. Părerile exprimate în lucrare sunt ale autorului.

Paper discusses some new institutional and managerial aspects, many of them with an important economic impact, concerning the content and implementation way of the new electricity Directive, reliesed by European Commission. Its implementation within the EU Member States, together with the effects of a specific legislation coherent with Directive inside the associated countries, will surely araise problems on long and medium term results. In order to open generation and supply sectors to competition, the Directive imposes some measures for electricity internal market liberalisation.

These measures have to be implemented also in Romanian energy sector through specific settlements.

Article tries to explain these aspects and aims to start an open discussion on them inside Energetica Review. Opinions expressed inside the article are author's.

Descriptori: Uniunea Europeană, legislaţie

Piaţa internă de electricitate. Directiva Uniunii Europene

Ideea pieţei interne reprezintă una din componentele de bază ale pilonului Comunitar, definit ca prim pilon al Tratatului de la Maastrich, prin care noţiunea de "Comunitate Economică Europeană" a fost înlocuită de cea de "Comunitate Europeană". Conform Tratatului: "*Comunitatea are ca principal obiectiv stabilirea unei* ***pieţe comune*** *şi a unei* ***uniuni economice şi monetare,*** *care ... să promoveze o dezvoltare armonioasă şi echilibrată a activităţilor economice din ansamblul comunităţii, o creştere durabilă şi neinflaţionistă, respectând mediul înconjurător, un înalt grad de convergenţă a performanţelor economice, un nivel ridicat al întrebuinţării forţei de muncă şi protecţiei sociale, ridicarea nivelului şi calităţii vieţii, coeziunea economică şi socială şi solidaritatea între statele membre*"[1].

În cazul energiei electrice, din 19 februarie 1997 a intrat în vigoare o Directivă, care a urmat unei perioade de dezbateri de cinci ani şi de consultări şi preparative cu durate şi mai lungi [2]. Directiva are rolul de a defini şi legaliza structura sectoarelor energiei electrice din statele membre şi mecanismele specifice în nişte modele uniforme, care să permită un serviciu superior pentru consumatorii europeni şi o dezvoltare a pieţei interne de energie electrică în cadrul UE.

Fiind rezultatul activităţii de conciliere a diferitelor idei din domeniu, întreaga Directivă este - aşa cum recunoaşte şi lucrarea [3] - un compromis şi, ca orice compromis, conţine, pe lângă elemente progresiste, şi zone tratate superficial, ambiguu sau - pur şi simplu - netratate. Asupra câtorva din zonele controversate se va opri acest articol, în scopul iniţierii unei discuţii mai largi şi printre specialiştii de la noi.

* Banca Europeană pentru Reconstrucţie şi Dezvoltare, Bucureşti

Pentru o mai bună înţelegere a elementelor esenţiale ale Directivei vom trece în revistă principalele clauze:

a) Scopul principal al Directivei este să permită o concurenţă sporită în producerea şi furnizarea de energie electrică, ceea ce necesită o separare a funcţiilor utilităţilor integrate. Concurenţa în domeniul producerii (art. 4 - 6) presupune, conform Directivei:

- alegerea între o intrare liberă pe piaţă şi, respectiv, o piaţă de producere central planificată;
- în cadrul pieţei central planificate concurenţa apare la procurarea noilor capacităţi de generare;
- dreptul de apariţie şi dezvoltare a producătorilor independenţi, indiferent de tipul de sistem.

b) Despărţirea funcţiilor sistemului (art. 7, 13 - 15), cel puţin la nivel de centre de cost, respectiv profit, şi apariţia operatorului de sistem (OS) cu independenţă managerială faţă de entităţile de generare şi distribuţie.

c) Concurenţa în furnizarea de energie electrică (art. 16 -19) prin introducerea conceptului de consumatori eligibili, în opoziţie cu cei captivi, la început la niveluri ale consumului peste 100 GWh/an. Acest nivel va fi treptat coborât, la 40, respectiv 9 GWh/an, conform programului prezentat mai jos.

d) Alte prevederi legate de stabilirea obligaţiilor de serviciu public, măsuri de protecţie în caz de criză, dispoziţii tranzitorii etc.

Directiva identifică două posibilităţi de acces la sistem: acces negociat, respectiv cumpărător unic. Indiferent de procedeu, accesul trebuie să fie obiectiv, transparent şi nediscriminatoriu. Pentru accesul negociat, trebuie să se ia măsuri care să permită accesul la sistem pe baza unor tarife publicate sau negociate. În acest din urmă caz, trebuie publicate zone posibile de tarife care să reflecte aceasta şi să se bazeze pe preţul mediu acceptat în negocierile din ultimele 12 luni. În cazul cumpărătorului unic, se desemnează o asemenea entitate în scopul unui management unitar al sistemului de transmisie şi/sau pentru cumpărarea şi vânzarea centralizată de energie electrică. Cumpărătorul unic trebuie să permită implementarea contractelor de furnizare bazate pe tarife publicate sau negociate (cazul cumpărătorilor eligibili).

Aceste abordări duc la două modele principale pe care le pot adopta statele membre ale Uniunii Europene pentru dezvoltarea sistemelor lor: **autorizarea** noilor producători de energie şi - respectiv - **controlul centralizat** (noile capacităţi pot fi construite în urma câştigării unei licitaţii de către utilitatea existentă sau de către alte companii naţionale sau străine).

În privinţa calendarului de implementare, există un program clar pentru acest instrument legislativ:

- februarie 1998 - termenul final pentru revizia măsurilor de armonizare;
- februarie 1999 - termen de implementare a Directivei de către majoritatea statelor membre; (aplicarea pragului de 40 GWh/an, deci deschiderea a circa 22% din piaţă către concurenţă);
- februarie 2000 - termen de implementare pentru Irlanda şi Belgia; se micşorează pragul la 20 GWh/an (circa 27% din piaţa deschisă pentru concurenţă);
- februarie 2001 - Directiva implementată de Grecia;
- februarie 2003 - coborârea pragului la 9 GWh/an (32% din piaţă);
- februarie 2006 - adoptarea probabilă a unei noi directive.

Puncte de vedere privind impactul Directivei asupra sistemelor energetice europene

Înainte de adoptarea Directivei au existat şi puncte de vedere diferite în legatură cu prevederile sale şi, evident, acestea vor exista şi după adoptarea Directivei. Dacă se trec în revistă aceste discuţii se pare că cele mai controversate prevederi ar fi: conceptul de serviciu public, măsurile de protecţie şi cele tranzitorii, obstacolele care pot apărea la proliferarea producătorilor independenţi de energie, legate de o posibilă preferinţă pentru producătorii naţionali, inclusiv pentru furnizorii naţionali de echipamente energetice, absenţa unor despărţiri instituţionale pentru cazul cumpărătorului unic, posibilitatea de refuz a

accesului la sistem, compatibilitatea Directivei cu Tratatul Uniunii Europene (Maastricht) în privinţa regulilor privind concurenţa etc.

În cele ce urmează se va încerca o sintetizare a diverselor păreri care apar în legătură cu aceste probleme. În acest scop, au fost utilizate o serie de lucrări din domeniu, dar şi părerile unor specialişti, urmărindu-se să se asigure o balanţă corectă între diferitele opinii expuse. Întrucât discuţiile nu sunt finalizate şi mai este încă timp de experimentare a diverselor modele, cele prezentate mai jos au doar rolul de a semnala nişte lucruri, concluziile trebuind trase de către cititori.

Obligaţiile de serviciu public (art. 3(2)). Conceptul de serviciu public a apărut în cadrul Uniunii Europene în legătură cu probleme sensibile ca: siguranţa în alimentare, preţurile, probleme legate de mediu, care - în cazul utilităţilor din energie, telecomunicaţii şi transporturi - trebuie să fie tratate într-un mod special. Noţiunea, din punct de vedere juridic, limitează aria de aplicare a concurenţei în domeniile menţionate. De altfel, Comisia Europeană analizează în prezent introducerea noţiunii de "serviciu universal" în viitoarele amendamente ale Tratatului Uniunii, ceea ce presupune recunoaşterea că un anumit nivel de serviciu public este inerent economiilor europene şi trebuie să apară în Tratat. În acelaşi timp, Comisia recunoaşte că trebuie stabilită o balanţă între dezvoltarea concurenţei şi serviciile publice satisfăcătoare acordate cetăţeanului european. De altfel, în articolul 90(2) al Tratatului se arată că regulile concurenţei se aplică *inter alia* entităţilor de stat sau celor dominate de stat, dar nu se aplică în cazurile în care acestor entităţi "le sunt încredinţate servicii de interes general". Evident, problemele principale care pot apărea sunt legate de interpretarea sarcinilor speciale ale utilităţilor şi a gradului în care acestea sunt încărcate cu asemenea sarcini. Un element de clarificare este realizat dacă obligaţiile de serviciu public/universal sunt transparente şi verificabile şi - ca atare - apar publicate oficial şi sunt notificate Comisiei Europene. Cu toate acestea, se anticipează că necorelarea regulilor de concurenţă impuse prin art. 90 al Tratatului cu prevederile art. 3(2) al Directivei va fi o sursă de dispută pe toată durata de viaţă a Directivei.

Măsurile de protecţie. Art. 23 al Directivei impune statelor membre să ia măsuri temporare dacă apare o criză neaşteptată în piaţa energiei şi atunci când se iveşte o ameninţare la "integritatea sistemului", ceea ce este o noţiune destul de neclară şi interpretabilă. Nu este un lucru neobişnuit pentru aproximarea legislativă să cuprindă şi măsuri de protecţie, dar se simte nevoia unei interpretări adecvate din partea Comisiei asupra noţiunii de "integritate a sistemului".

Regim tranzitoriu. Directiva permite, prin art. 24, ca anumite state membre, care consideră că nu-şi pot îndeplini angajamentele conform calendarului de aplicare a Directivei, au dreptul ca până în februarie 1998 să dispună de un regim tranzitoriu. Întrucât termenul este foarte scurt, evaluarea impactului practic asupra elementelor economice, inclusiv modul în care se acoperă costurile cu investiţiile începute şi abandonate, trebuie să se realizeze cât mai repede posibil.

Producătorii independenţi de energie (PIE). PIE pot apărea pe bază de autorizaţie în toate tipurile de sisteme, inclusiv în cele cu planificare centralizată a capacităţilor noi. Există, încă de pe acum, o îngrijorare clară din partea potenţialilor PIE că procedura de autorizare nu va fi corectă, luând în considerare criteriile date în art. 5(1). Un accent deosebit se pune pe art. 5(1) lit. h, care se referă în mod special la obligaţiile de serviciu public şi care, aşa cum s-a arătat mai sus, ar putea duce la limitarea aplicării Directivei. În plus, este de datoria statelor membre să decidă asupra regulilor tehnice de folosire a sistemelor (art. 7(2)). Va fi vital pentru PIE ca aceste reguli, în mod special pentru interconexiune şi accesul la reţea, să nu obstrucţioneze sau să distorsioneze intrarea pe piaţă.

Separarea funcţională. Se pare că cea mai mare nerealizare a Directivei o reprezintă cea legată de separarea funcţională. Criticile majore sunt legate de faptul că Directiva s-a oprit doar la separarea contabilă drept condiţie minimă. În cazul cumpărătorului unic nu există o impunere a despărţirii în mai multe entităţi faţă de operatorul

de sistem, sau altfel spus, de funcţia de transmisie. Rămâne problema dacă separarea va fi făcută suficient, pentru că altfel ar primejdui însăşi ideea de bază a Directivei: cea de concurenţă, însoţită de toate avantajele care decurg de aici. În acest sens, este clar că există temerea că noii veniţi pot suferi discriminări de la utilitatea existentă, care ar juca două roluri simultan: acela de competitor, dar şi de filtru pentru pătrunderea pe piaţă.

Noţiunile de "furnizare" şi "distribuţie". Nu întotdeauna se face o deosebire clară între furnizare şi distribuţie. Deşi fiecare termen este definit separat, Directiva foloseşte uneori în mod eronat termenul "distribuţie" atunci când de fapt se referă la "furnizare", deci la partea comercială nu la cea tehnică. De exemplu, separarea funcţională a cumpărătorului unic/operatorului de sistem nu cere separarea de funcţia de transmisie/transport - problemă tehnică -, dar impune separarea de producere şi distribuţie. Probabil s-a gândit că separarea trebuie făcută cu referire la furnizare, în loc de distribuţie, ceea ce nu apare clar. Este evident că aceste neclarităţi pot duce la dificultăţi în interpretarea Directivei.

Refuzul de accesare. Aşa cum s-a aratat anterior, în contextul obligaţiilor de serviciu public, există situaţii în care este posibilă derogarea dreptului de acces (art. 3(3), art. 17(5) şi art. 18(4)). Este clar că aceste clauze vor deveni curând surse de neînţelegeri.

Reciprocitate negativă. Contractele între două sisteme vor fi posibile acolo unde consumatorul este eligibil în ambele sisteme. Dacă el este eligibil doar în unul dintre sisteme, iar accesul este refuzat în cel de al doilea, Comisia poate cere sistemului care blochează accesul să permită legătura, la cererea statului membru în care este situat consumatorul eligibil. Au existat multe discuţii - şi cu siguranţă acestea vor continua - dacă nu cumva această prevedere nu este împotriva principiilor fundamentale ale pieţei unice, deoarece ameninţă reciprocitatea între statele membre: permisiunea de accesare de către un consumator dintr-un sistem deschis, care doreşte să importe de la un sistem închis, chiar dacă reciproca nu este posibilă.

Cu toate aceste imperfecţiuni, Directiva constituie un pas înainte important în drumul de construire a pieţei interne de energie prin liberalizarea generalizată a activităţilor domeniului, lucru incredibil acum 5 ani. În acest interval multe state europene şi-au restructurat deja sistemele, introducând grade mai mici sau mai mari de liberalizare (Anglia, Norvegia, Suedia, Portugalia, Olanda, Germania, Spania şi chiar Irlanda), ceea ce a făcut să apară o importantă masă critică semnificativă în favoarea schimbării [7,8] . Este convingerea multor specialişti că, expuse la noile condiţii concurenţiale, şi sistemele centralizate vor descoperi avantajele descentralizării, iar efectele introducerii Directivei se vor resimţi curând.

Influenţe ale liberalizării pieţei interne a electricităţii: impactul asupra structurii producerii şi asupra mediului ambiant

Directiva dă un semnal de liberalizare a sistemelor energetice, prefigurând schimbări fundamentale în structurile instituţionale şi financiare ale acestei industrii, dar şi în structura sa tehnologică, mai ales în cazul funcţiei de generare.

Acolo unde sistemele operau anterior ca monopoluri închise, efectul clar al Directivei va fi de a permite un acces gradual, atât pentru consumatori, cât şi pentru producători (PIE), depăşind graniţele statelor în interiorul pieţei interne [4]. Marii consumatori industriali vor fi capabili să cumpere cel puţin o parte din electricitatea necesară de la producători, alţii decât cei locali, iar PIE vor fi capabili să vândă electricitate în concurenţă cu vechile sisteme monopoliste. Efectul final declarat ar fi coborârea preţurilor energiei electrice, îmbunătăţirea eficienţei economice şi satisfacerea cât mai deplină a necesităţilor consumatorilor. În acest sens, analiştii occidentali consideră că tendinţa spre liberalizare este inexorabilă . În contextul arătat, liberalizarea pieţei interne de electricitate va avea în mod sigur implicaţii majore pe termen lung asupra evoluţiei sistemelor de energie, investiţiilor tehnologice şi va influenţa impactul asupra mediului [6].

Prima consecinţă clară o va reprezenta o altă combinaţie de tehnologii de producere a energiei electrice şi pe un alt interval de timp. În general, concurenţa impune o flexibilitate mai mare şi o adaptabilitate sporită la schimbări. De aici rezultă că situaţia, practic fără riscuri pentru utilităţi, a planificării cu orizonturi de peste 40 de ani, în cadrul unor monopoluri, cu folosirea unor rate mici de amortizare a investiţiilor, în realitate a dispărut. Riscurile au crescut, termenele de luare a deciziei s-au scurtat, s-au dezvoltat tehnologiile cu investiţii specifice minime, iar schemele financiare au căutat să atragă prin căi inovatoare în special capital privat. Ca soluţii tehnice, ciclurile mixte abur - gaze răspund în totalitate acestor deziderate: randament ridicat, investiţie specifică mică, impact redus asupra mediului, flexibilitate în exploatare. Cu toate criticile legate de simultaneitatea vârfului cererii de gaze şi electricitate şi neparticiparea la unele condiţii impuse de interconexiunea europeană, ciclurile mixte au încă un viitor deschis.

Aplicarea Directivei se face însă de către oameni şi - de aceea - consider că rezultatele unui studiu realizat de firma Price Waterhouse, prin al său World Energy Group, sunt interesante pentru a înţelege cum este perceput viitorul sistemelor energetice europene după introducerea Directivei [7]. Studiul, realizat în două etape: iulie 1996, respectiv ianuarie 1997, a încercat să surprindă aşteptările celor două părţi ale pieţei: furnizorii şi consumatorii. Prima parte a studiului a cuprins un sondaj de opinie pentru 400 de manageri din utilităţile de energie electrică din 11 ţări ale UE (necuprinzând Marea Britanie). 73% din manageri au considerat că Directiva va fi implementată aşa cum a fost votată. Totuşi, 44% au considerat că prin introducerea prevederilor legate de serviciul public, aplicarea Directivei va fi limitată. 51% din cei interogaţi cred că ţările lor vor adopta accesul liber la reţea (TPA). Acesta a fost cazul, în special, pentru Germania şi Belgia, în timp ce Franţa, Austria, Italia şi Portugalia au considerat că soluţia va fi aceea de cumpărător unic. Autorizarea a fost considerat procedeul majoritar pentru noii PIE: 52 % dintre manageri au considerat că aceasta este soluţia care va fi adoptată de către guvernele ţărilor respective, comparativ cu 37% care favorizează licitaţiile. 44% intenţionează să despartă doar conturile în cadrul utilităţilor lor, în timp ce 39% se aşteaptă să se realizeze entităţi separate. În privinţa viitorului, 53% din respondenţi consideră că organizaţiile lor îşi vor extinde activităţile, cele mai ambiţioase fiind Franţa şi Belgia, în timp ce managerii austrieci, danezi şi spanioli au planuri mai restrânse pentru expansiune.

A doua parte a studiului a analizat părerile managerilor a peste 300 de companii, mari consumatoare de energie, din Austria, Danemarca, Franţa, Germania, Italia, Olanda şi Spania. 68% din respondenţi au căzut de acord că nu au fost suficient informaţi asupra implicaţiilor Directivei. Părerile consumatorilor asupra propunerilor Directivei au fost amestecate, dar s-a remarcat opinia a celor care consideră că acest act normativ nu a mers suficient de departe cu liberalizarea (37%). Cel mai mare procentaj de consumatori care au considerat acest lucru a fost găsit în Germania (61%) şi - interesant - în Franţa (50%). În privinţa aşteptărilor legate de concurenţă în producerea de energie electrică, cea mai mare parte a respondenţilor (32%) se aşteaptă la o concurenţă puternică în acest domeniu, în comparaţie cu 24% care se aşteaptă la o concurenţă slabă, respectiv 23%, la o concurenţă limitată. Un segment de 45% din respondenţi consideră că modelul de cumpărător unic va limita posibilitatea lor de a obţine furnizare concurenţială de energie, în timp ce 4% nu crede acest lucru.

Criteriul fundamental în alegerea furnizorului de electricitate îl constituie preţul, 61% din cei chestionaţi indicându-l ca singurul criteriu, în timp ce un procentaj de 14% a adăugat acestuia şi calitatea serviciului sau alţi factori. Serviciul consumatorului a fost principalul motiv pentru 9%, în mod particular pentru danezi şi irlandezi.

Aproape 30% din marii consumatori au declarat că vor căuta să contracteze un singur furnizor pentru toate filialele lor din Europa, comparativ cu 56%, care declară că vor folosi furnizori diferiţi în fiecare ţară, sau pentru grupe de ţări, sau pentru fiecare loc în care operează.

În privinţa speranţelor, 64% din consumatori aşteaptă o îmbunătăţire a serviciului, iar 83% cred într-o reducere a preţului. Numai 11% se aşteaptă la o reducere a nivelului serviciilor, în principal deoarece cred că reducerea de preţ va influenţa capitolele de cheltuieli legate de calitatea serviciului, în timp ce 3% se aşteaptă chiar la o creştere a preţului (repondenţi din Italia şi Olanda). Pe total, 81% din cei chestionaţi consideră că Directiva va fi benefică pentru consumatori, comparativ cu numai 1% care cred că lucrurile se vor înrăutăţi şi 16% care cred că nu va avea nici un efect.

Lucrarea [6] face o comparaţie asupra celor două faze ale studiului în privinţa a ceea ce cred, pe de o parte, utilităţile, şi, pe de altă parte, consumatorii, că vor fi principalii competitori pentru piaţa internă de electricitate. Astfel, managerii producători de energie consideră că utilităţile naţionale (indiferent de forma de proprietate) vor avea 31% din piaţă, în timp ce consumatorii se aşteaptă ca segmentul de piaţă să fie mai mare (41%). Utilităţile străine vor avea, probabil, o porţiune de 30% (conform părerii consumatorilor), respectiv 32% (conform părerii producătorilor). PIE şi autoproducătorii vor ajunge la 37%, după părerea producătorilor, respectiv 15% după consumatori. Alţi producători vor acoperi 9%, respectiv 4%.

Directiva şi sistemul energetic românesc

Este evident că Directiva va avea efecte importante şi pentru sistemul energetic românesc, deoarece, indiferent de forma următoare a structurii acestui sistem, care va fi decisă în curând, actuala alcătuire nu este conformă cu prevederile Directivei.

Încă din mai 1995, s-a adoptat, de către guvernul precedent, o strategie de dezvoltare a acestui sector, în care - cu toate limitările inerente momentului - se recunoştea ca necesitate introducerea concurenţei în partea de producere şi în cea de furnizare, atragerea de capital străin în sector, pregătirea intrării României în Uniunea Europeană cu efectele specifice pentru sector, îndeplinirea obligaţiilor prevăzute în Tratatul Cartei Energiei, care între timp a fost ratificat de Parlamentul României, apariţia PIE etc. Toate aceste elemente inovatoare constituie germeni care ajută la viitoarea implementare a Directivei şi la noi, dar nu sunt suficiente. Structura viitoare a sistemului, ca şi procedurile aferente trebuie să fie coerente cu principiile definite în cadrul Directivei şi cu forma acesteia. Lipsa actuală a procedurilor, care se doresc a fi obiective, transparente şi nediscriminatorii, inexistenţa practică a concurenţei în producere, respectiv la furnizare, lipsa de independenţă managerială, financiară etc. a operatorului de sistem, sau mai corect spus a părţii din RENEL care joacă acest rol, constituie obstacole clare în calea unor acte normative care să fie coerente cu actuala Directivă europeană.

În acest sens, consider că prevederile Directivei constituie un impuls pentru mult aşteptata modificare a structurii sectorului. E de prevăzut că o serie de aspecte de compromis, care au dus la neclarităţi şi în actul legislativ european, să ducă la discuţii şi dispute şi la noi. Decizia privind adoptarea uneia din soluţiile propuse: modelul de cumpărător unic sau cel al accesului liber la reţea, va fi luată după lungi analize. Una din cele două soluţii, sau o variantă a acestora, a fost propusă şi în cadrul studiului Bechtel [10], legat de opţiunile pe termen lung privind structura sistemului energetic românesc. Este interesant că aspectele de nereciprocitate legate de adoptarea unui model sau a altuia, care fac ca utilităţile din sistemele aşa-zis închise să poată beneficia de avantajele celor deschise, nefiind obligate să permită o concurenţă de acelaşi nivel în cadrul sistemului propriu, se transformă în cadrul ţării noastre prin faptul că unul din obiectivele de dezvoltare ale SEN îl reprezintă asigurarea surselor financiare corespunzătoare necesităţilor strategice ale României [9]. Deci deschiderea către concurenţă este o necesitate stringentă a sectorului nostru energetic, spre deosebire de sectorul energetic al unor state membre ale UE a căror forţă finaciară permite o concurenţă adecvată faţă de capitalul extern.

Un element controversat, care, de altfel, a fost lăsat şi de Directivă la latitudinea statelor membre, îl reprezintă definirea şi introducerea "serviciilor publice în interesul economic general". Modul în care se va defini această noţiune va fi esenţial în privinţa restrângerii, respectiv lărgirii zonelor de concurenţă şi va influenţa fundamental rezultatele restructurării.

Un alt lucru important îl reprezintă calendarul transformărilor preconizate. Reforma trebuie să permită o abordare realistă, fără disfuncţionalităţi ale sectorului, dar să fie suficient de susţinută şi rapidă pentru a permite obţinerea unor avantaje într-un timp scurt, pentru ca efectele asupra economiei sectorului să fie simţite cât mai curând posibil. Din acest punct de vedere este clar că programul de aplicare a Directivei în cadrul UE va fi diferit de cel legat de restructurarea sectorului energetic românesc.

În loc de concluzii

Scopul prezentei lucrări este de a semnala elementele noi, ca şi pe cele controversate, legate de conţinutul şi modul de implementare a noii Directive pentru electricitate a Comisiei Europene. Este greu să se aprecieze în acest moment dificultăţile legate de punerea sa în aplicare, dar unele din articolele existente vor reprezenta, în mod sigur, surse ulterioare de discuţii şi dispute. Rămâne la decizia cititorilor, ca, folosindu-şi propria experienţă, să urmărească efectele Directivei în cadrul statelor membre UE, dar şi asupra sectorului energetic românesc. Şi sigur efectul va fi benefic, atât pentru consumatorii, cât şi pentru producătorii de energie electrică, magnitudinea sa fiind legată însă şi de gradul de apropiere a fiecărui sistem de principiile expuse în Directivă: liberalizarea pieţei prin lărgirea concurenţei, o aplecare atentă asupra siguranţei în funcţionare a sistemului şi o aplicare corectă a conceptului de serviciu public etc.

BIBLIOGRAFIE

[1] *** *Interguvernamental Conference 1996.* Commission Report for the Reflection Group. Luxembourg, 1995.

[2] European Commission *Directive no. 96/92/EC.*

[3] Marks, D. *The EU Directive on the internal market in electricity: where are the difficulties?* In Power Economics, Volume 1, March 1997.

[4] Klein, M. *Competition in Network Industries: Where and how to introduce it. The World Bank Group.* Public Policy for Private Sector. December 1996. Infrastructure. Quarterly no. 9.

[5] Patterson, W. and Grubb, M. *Liberalizing European Electricity: Impacts on Generation and Environment.* In: Power Economics, Volume 1, March 1997.

[6] Muşatescu, V. *Oportunităţi de competiţie, dezvoltare şi afaceri în sectorul energiei. Rolul producătorilor independenţi de energie.* In: Energetica, 45, nr.7, 1997, p. 329.

[7] *** *Opposing views on the EU Electricity Directive.* In: Power Economics. March 1997.

[8] EIA - *Electricity supply industry. Ownership, Structure and Regulation in OECD Countries.* OECD/AIE 1994.

[9] EBRD - *Transition report update.* April 1997.

[10] Bechtel International, Inc. - Romania. *Study of Options for the Long Term Structure of the Power Sector.* Supplemental Analysis of Issues. March 1997.

Referent: ing. Vasile Rugină- FPS

(Primit la 6 mai 1997, acceptat la 28 mai 1997)

IMPACT OF FACTS DEVICES ON POWER OSCILLATION DAMPING IN LONGITUDINAL TRANSMISSION SYSTEM

IMPACTUL DISPOZITIVELOR FACTS ASUPRA AMORTIZĂRII OSCILAŢIILOR DE PUTERE ÎN SISTEMUL DE TRANSPORT LA DISTANŢĂ

prof. dr. RAFAEL MIHALIC
Faculty of Electrical Engineering, Ljubljana, Slovenia

În acest articol se încearcă o comparaţie a eficienţei unor echipamente FACTS asupra amortizării oscilaţiilor în sistemele de transport la mare distanţă.
Echipamentele FACTS comparate sunt SVC, STATCON, SCC, PAR, FP-PST şi UPFC.

In this paper an attempt has been made to compare the efficiency of particular FACTS devices (SVC, STATCON, SCC, PAR, FP-PST and UPFC) on power oscillation damping of the long transmission system.

Descriptori: FACTS, oscilaţii de putere, sistem electroenergetic

1. Introduction

One aspect of large AC system development is the transmission of bulk power from remote water power sources over long distance transmission systems of the highest voltage level to load centers. Poor damping, i.e. power oscillations represent problems for such systems. This can be transmission power limiting factor, especially when the outages are taken into consideration. The typical loadability of the long transmission lines is therefore mostly about 1/3 of the thermal limit of lines. This limit can be raised by enhancement of the system damping. The power system stabilizers (PSS) at generators can only partly increase interarea oscillation damping mode. Therefore fast devices are required, which have capability of fast line power flow control. The effective solution is insertion of FACTS devices into the transmission system. The FACTS devices can rapidly control one of the system parameters relevant for line power flow, i.e. terminal voltage (controlled by SVC, STATCON), line impedance (controlled by CSC) and transmission angle (controlled by phase shifting transformers - PAR and FP-PST). On the contrary

1. Introducere

Unul din aspectele dezvoltării sistemelor electroenergetice mari de curent alternativ este evacuarea puterii din centralele hidroelectrice situate la mare distanţă către zonele de consum prin sisteme de transport cu linii lungi, ce funcţionează la cele mai înalte tensiuni.

Amortizarea slabă a oscilaţiilor (pendulaţiilor) care pot să apară reprezintă o mare problemă pentru aceste sisteme şi poate duce la limitarea puterii tranzitate pe linii, îndeosebi când se au în vedere avariile. Încărcarea tipică admisă din această cauză pe liniile lungi este, în majoritatea cazurilor, aproximativ 1/3 din limita termică corespunzătoare acestor linii. Această limită poate fi îmbunătăţită prin ameliorarea capacităţii de amortizare a sistemului. Stabilizatoarele de putere PSS la generatoare pot să amelioreze parţial modul de amortizare a oscilaţiilor între diversele zone ale sistemului. Din aceste motive sunt necesare echipamente care au capacitatea de a regla rapid circulaţia pe linie. Soluţia practică constă în introducerea

UPFC is capable of controlling all the three parameters in question independently and simultaneously. In this paper an attempt has been made to compare the efficiency of particular FACTS devices on power oscillation damping of the long transmission system.

2. System configuration

The system configuration examined is shown in Fig. 1. It consists of three subsystems interconnected by transmission lines. It represents configuration which may exist in various countries.

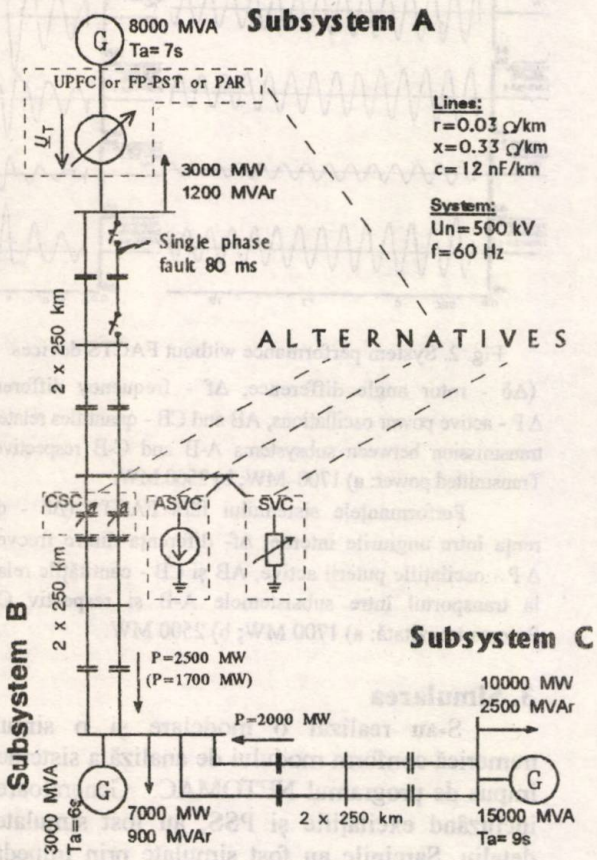


Fig. 1. The system configuration
Configuraţia sistemului.

The generation capabilities of individual subsystems of the investigated system can be seen in Fig. 1. Powers from subsystems A and C are transmitted to the deficient subsystem B via two double transmission lines. The investigation is based on the heavy-load case. A spinning reserve of the systems A and B to cover outages amounts to 10% and of the system C to 5% of generation capability. The subsystems are represented by

echipamentelor FACTS care pot regla rapid unul din parametrii importanţi pentru circulaţia pe linie, adică tensiunea la capăt (controlată prin SVC, STATCON), impedanţa liniei (controlată prin CSC) şi unghiul intern (controlat prin transformatoare cu reglaj de unghi PAR şi FP-PST). Echipamentul UPFC este capabil să controleze toţi aceşti trei parametri, independent şi simultan. În articol se încearcă o comparaţie a eficienţei unor anumite echipamente FACTS asupra amortizării oscilaţiilor în sistemele de transport la mare distanţă.

2. Configuraţia sistemului

În figura 1 este prezentată schema sistemului examinat, constând din trei subsisteme interconectate prin linii de transport. Schema reprezintă o situaţie care poate exista în diferite ţări. În figură sunt indicate posibilităţile de producţie ale subsistemelor individuale din sistemul investigat. Energia din subsistemele A şi C poate fi transferată către subsistemul deficitar B prin două linii dublu circuit. Investigarea se bazează pe cazul în care există încărcare maximă. O rezervă turnantă a subsistemelor A şi B acoperă deficite de până la 10%, iar în sistemul C până la 5% din capacitatea totală de producere. Subsistemele sunt reprezentate prin generatoare şi sarcini echivalente, care pot fi determinate din configuraţii complexe prin procedee de identificare a parametrilor. Pentru fiecare subsistem s-a propus ca o parte din generatoare să fie echipate cu PSS. Liniile sunt divizate în secţiuni de 250 km. În cursul exploatării normale se ia în considerare că există o compensare serie în proporţie de 70% în toate secţiunile liniei şi o compensare paralelă în proporţie de 50% prin bobine de compensare. Pentru a asigura condiţii corespunzătoare privind tensiunile şi circulaţiile de putere reactivă în regim normal de exploatare o parte din bobinele de compensare sunt deconectate, în funcţie de puterea tranzitată. În condiţii normale de funcţionare tensiunile în întreg sistemul se încadrează în limite normale.

Puterea activă a sarcinilor în subsisteme a fost considerată ca variind cu tensiunea la puterea 1,1, iar puterea reactivă ca variind cu tensiunea la puterea 2. Dispozitivele FACTS sunt instalate în sistem conform figurii 1. Amplasarea cea mai favorabilă pentru compensarea paralelă este în

equivalent generators and loads, which can be determined from a more complex configurations by parameter identifying procedures. For each subsystem it was assumed that part of the generators is equipped with PSS.

The lines are divided into 250 km sections. During normal operation 70% series compensation in all line sections and 50% parallel compensation by shunt reactors is taken into consideration. To assure the appropriate voltage conditions and reactive power flow during normal operation part of the shunt compensation is disconnected depending on transmitted power. In steady state conditions the operating voltage in the whole system is well inside the normal limits.

The active power component of loads in the subsystems was considered to wary with the power of about 1.1 and the reactive power component with the power of2of the voltage

The FACTS devices are in the system positioned as shown in the Fig. 1. The favorable location of the parallel compensation is in the middle of the transmission system between A and B.

The location of the CSC and the phase angle regulator (PAR) [2] between A and B practically has no impact, while the favorable location of phase shifting transformer with constant phase between boosting and terminal voltage (FP-PST) [3] and of UPFC is near the system A.

3. Simulation

Modeling and a digital simulation are carried out in the stability mode of the NETOMAC program system. The generators, including excitation systems and PSS, were simulated in detail. The loads were simulated by voltage dependent impedances. The FACTS devices were modeled as controllable impedances, current sources and voltage sources including their combinations [4].

The disturbance in the system is represented by 80 ms single phase fault followed by the line disconnection as shown in the Fig. 1. Without additional measures the maximal transmission capability amounts to 1700 MW. In this case the system is slightly positively damped. If the power transfer is increased over this level the system

mijlocul sistemului de transport, între sistemele A şi B. Amplasarea CSC şi a regulatorului de unghi (PAR) [2] între A şi B nu are practic impact, în timp ce localizarea favorabilă a transformatoarelor cu reglaj de unghi cu fază constantă între tensiunea adiţională şi tensiunea la borne (FP-PST) [3] şi a UPFC este foarte apropiată de sistemul A.

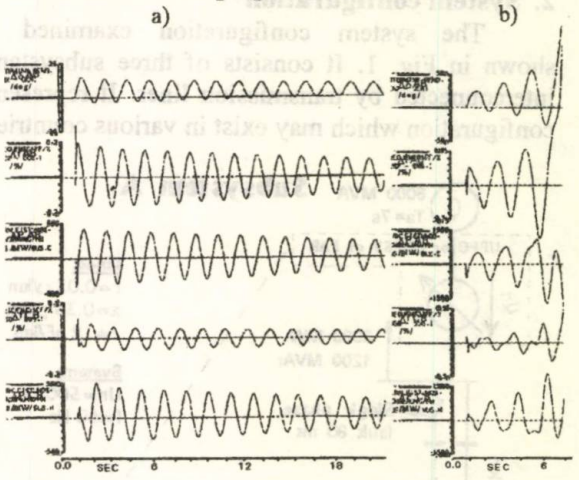


Fig. 2. System performance without FACTS devices.

(Δδ - rotor angle difference, Δf - frequency difference, Δ P - active power oscillations, AB and CB - quantities related to transmission between subsystems A-B and C-B respectively). Transmitted power: a) 1700 MW; b) 2500 MW.

Performanţele sistemului fără FACTS (Δδ - diferenţa între ungiurile interne, Δf- diferenţa dintre frecvenţe, Δ P - oscilaţiile puterii active, AB şi CB - cantităţile relative la transportul între subsistemele A-B şi respectiv C-B). Puterea tranzitată: a) 1700 MW; b) 2500 MW.

3. Simularea

S-au realizat o modelare şi o simulare numerică conform modului de analiză a sistemelor, impus de programul NETOMAC. Generatoarele , incluzând excitaţiile şi PSS, au fost simulate în detaliu. Sarcinile au fost simulate prin impedanţe dependente de tensiune, iar dispozitivele FACTS au fost simulate ca surse de curent sau tensiune cu impedanţe controlabile, inclusiv combinaţii ale acestora [4].

Perturbaţia de sistem este reprezentată printr-un defect monofazat cu durată de 80 ms, urmat de deconectare, aşa cum este figurat în figura 1. Fără măsuri suplimentare, capacitatea maximă de transport se ridică la 1700 MW. În acest caz sistemul este uşor pozitiv amortizat. Dacă puterea transferată creşte peste acest nivel, amortizarea sistemului devine negativă. Scopul calculului a fost determinarea dimensiunii puterii nominale a

damping becomes negative. The aim of computation was to determine the necessary rating of FACTS devices (minimum limits) to assure positive damping if the transmission power is increased to 2500 MW. If the ratings of FACTS devices are only slightly lower, system damping is no more positive.

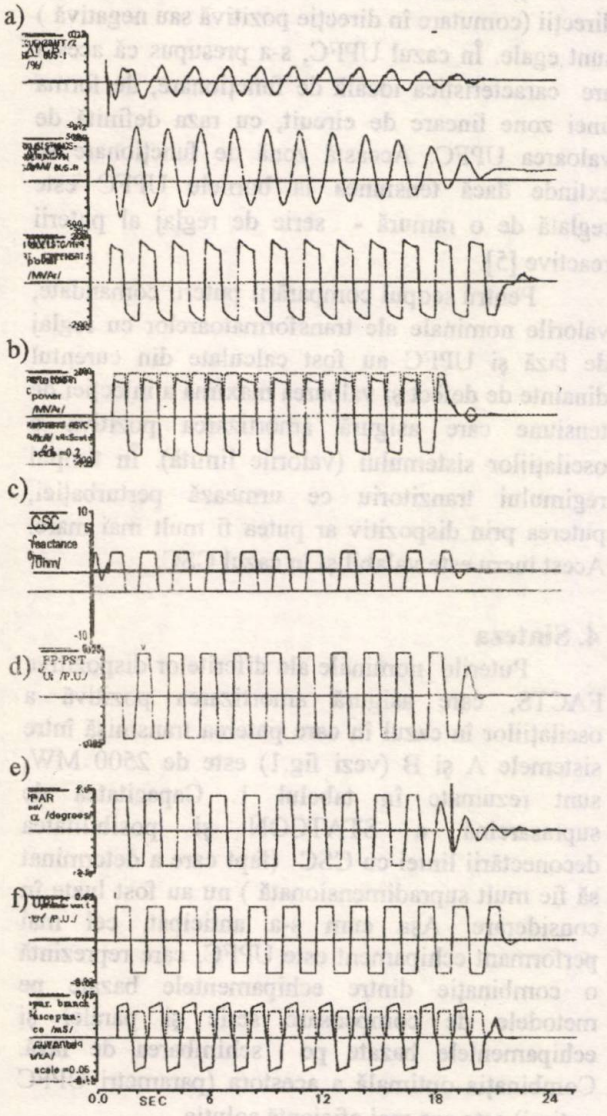


Fig. 3. System performance . Δδ - rotor angle difference, Δf frequency difference, ΔP - active power oscillations, AB and CB - quantities related to transmission between subsystems A-B and C-B respectively)
a) SVC; b) STATCON; c) CSC; d) FP-PST; e) PAR; f) UPFC
Performanţele sistemului. Δδ - diferenţa între ungiurile interne, Δf - diferenţa dintre frecvenţe, Δ P oscilaţiile puterii active, AB şi CB - cantităţile relative la transportul între subsistemele A-B şi respectiv C-B).
a) SVC ; b) STATCON ; c) CSC ; d) FP-PST; d) FP-PST; e) PAR ; f) UPFC.

instalaţiilor FACTS (limita minimă) necesară pentru a asigura o amortizare pozitivă, dacă puterea transferată creşte la 2500 MW. Dacă mărimea capacităţii nominale a instalaţiilor FACTS este puţin mai coborâtă, amortizarea sistemului nu mai este pozitivă.

În figura 2 este prezentată situaţia în sistemul studiat, în cazul în care instalaţiile FACTS nu sunt active.

Aşa cum rezultă din figura 2*b*, amortizarea sistemului tranzitat de o putere de 2500 MW este negativă şi sistemul pierde sincronismul în circa 6 s, după trei oscilaţii de putere.

În sistemul studiat, oscilaţiile de putere între A şi B sunt critice, de aceea acest tip de oscilaţii a fost amortizat de instalaţiile FACTS, diferenţa între unghiurile interne ale subsistemelor A şi B fiind variabilă la intrarea în instalaţiile de reglare ale FACTS.

Comparaţia între diferitele dispozitive folosite pentru a atinge scopul propus reprezintă prima fază în studiile de fezabilitate. În acest caz, obiectivul propus a fost obţinerea unor amortizări pozitive ale oscilaţiilor din sistemul de transport prin diferite echipamente FACTS. Pentru a obţine rezultate relevante toate echipamentele trebuie să fie optim exploatate. Din literatura de specialitate reiese evident modul în care trebuie să controlezi aceste echipamente (cu excepţia UPFC) pentru a obţine o amortizare efectivă a oscilaţiilor sistemului. Pentru a realiza un comportament eficient al UPFC în cursul regimurilor dinamice, cea mai bună combinaţie a celor trei parametri controlaţi (mărimile şi faza tensiunilor pe ramurile în serie, precum şi curentul reactiv pe ramurile în paralel [5]), va fi determinantă folosirea de calcule on-line pe model simplificat, încorporat în UPFC [5]. Numai în acest mod este posibil să se evalueze eficienţa UPFC şi să se compare cu alte mijloace.

Oscilogramele unor mărimi caracteristice când SVC este inclus ca un echipament de amortizare sunt prezentate în figura 3*a*. Dacă în sistem sunt incluse alte echipamente FACTS, aceste mărimi sunt similare, astfel încât sunt reprezentate doar ieşirile de pe echipamentele FACTS.

Aşa cum se observă în figura 3, compensările serie şi paralel au aceleaşi valori nominale, atât în

The circumstances In the studied system when FACTS devices are not active are presented in Fig. 2. As shown in the Figure 2b damping of the system, when 2500 MW power is transmitted is negative and the system looses synchronism in about 6 seconds after three power swings.

In the studied system the power oscillations between A and B are critical therefore this mode of oscillations was damped by FACTS devices, the rotor angle difference between the subsystems A and B being the FACTS controller input variable.

Comparison of different tools in order to reach the objective represents the first phase in feasibility studies. In this case the objective was to achieve positive damping of transmission system by different FACTS devices. In order to achieve relevant results all devices should be explored to the optimum. It is evident from the literature how to control them (with exception of UPFC) to achieve effective system damping. To achieve efficient UPFC behavior during the dynamic phenomena, the most effective combination of the three controllable parameters (the magnitude and the phase of injected series branch voltage as well as parallel branch reactive current - c.f. [5]) will be determined using on-line calculation of the simplified model incorporated in the UPFC control [5]. Only in this way is it possible to evaluate UPFC efficiency and to compare it with other devices.

The oscilograms of some characteristic quantities when SVC is included as a damping device are shown in Fig. 3a. If other FACTS devices are included in the system these quantities are similar so only the output of FACTS devices is plotted.

As shown in Fig. 3 the series and parallel compensation have the same ratings in inductive and in capacitive operating area. The shift of the operating area into one direction (inductive or capacitive) - difference between limits remaining unchanged - has only minor impact on power oscillation damping effect. In the case of phase shifting devices (PAR, FP-PST) the limit injected voltage magnitudes in both directions (phase shift in positive or negative direction) are equal. In the case of UPFC it has been assumed, it has ideal operating characteristic in the form of the area limited by the circuit with the radius defined by the UPFC rating. This operating area extends if the UPFC terminal voltage is controlled by the series branch reactive power control [5].

⇨

funcţionarea inductivă, cât şi în cea capacitivă. Trecerea funcţionării dintr-o zonă în alta (inductivă sau capacitivă) - limitele de variaţie rămânând neschimbate - are doar un impact minor asupra efectului de amortizare a oscilaţiilor de putere. În cazul echipamentelor de comutare de fază (PAR, FP-PST), limitele tensiunii injectate în ambele direcţii (comutare în direcţie pozitivă sau negativă) sunt egale. În cazul UPFC, s-a presupus că acesta are caracteristica ideală de funcţionare, de forma unei zone lineare de circuit, cu raza definită de valoarea UPFC. Această zonă de funcţionare se extinde dacă tensiunea la bornele UPFC este reglată de o ramură - serie de reglaj al puterii reactive [5].

Pentru scopul comparării puterii comandate, valorile nominale ale transformatoarelor cu reglaj de fază şi UPFC au fost calculate din curentul dinainte de defect şi valoarea maximă a injecţiei de tensiune care asigură amortizarea pozitivă a oscilaţiilor sistemului (valorile limită). În timpul regimului tranzitoriu ce urmează perturbaţiei, puterea prin dispozitiv ar putea fi mult mai mare. Acest lucru este valabil şi în cazul CSC.

4. Sinteza

Puterile nominale ale diferitelor dispozitive FACTS, care asigură amortizarea pozitivă a oscilaţiilor în cazul în care puterea transmisă între sistemele A şi B (vezi fig.1) este de 2500 MW, sunt rezumate în tabelul 1. Capacitatea de suprasarcină a STATCON şi posibilitatea deconectării liniei cu CSC (fapt care a determinat să fie mult supradimensionată) nu au fost luate în considerare. Aşa cum s-a anticipat, cel mai performant echipament este UPFC, care reprezintă o combinaţie dintre echipamentele bazate pe metodele de compensare serie şi paralel şi echipamentele bazate pe schimbarea de fază. Combinaţia optimală a acestora (parametri UPFC optimi) este cea mai eficientă soluţie.

For the purpose of the comparison of the controlled power, the ratings of phase shifting transformers and UPFC were calculated from pre-fault current and the maximal injected voltage which assures positive damping of the system power oscillations (limit value). During the transients following the system disturbance the device throughout power may be considerably higher. The same is valid also in the case of CSC.

Table 1

Comparison of the FACTS devices efficiency

CSC		SVC	STATCON		FP-PST		PAR		UPFC	
% comp.	rating /MVA/	rating /MVA/	current /kA/	rating /MVA/	U_T /P.U./	rating /MVA/	phase shift	rating /MVA/	U_T /P.U./	rating /MVA/
5.17	67	170	0.187	162	0.022	66	2.05°	107	0.0158	47

4. Synthesis

The ratings of different FACTS devices which assure positive system damping when transmitted load between subsystems A and B (c.f. Fig. 1) is 2500 MW are summarized in table 1. The STATCON overload capability and the possibility of the disconnection of the line with CSC (therefore it has to be dimensioned much higher) were not taken into consideration. As anticipated the most effective device is UPFC thus it represents the combination of parallel and series compensation as well as phase shifting devices. The optimal combination of them (optimal UPFC parameters) is the most efficient solution.

REFERENCES

[1] Gyugyi, L. *Dynamic Compensation of AC Transmission Lines by Solid-State Synchronous Voltage Sources).*

[2] Mihalič, R., Zunko, P. *Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer with Pure Phase Shift - Tool for Fast Load Flow Control* (CIGRE TF 38-05-06 meeting, Iraklion, Crete, November 1993).

[3] Mihalič, R., Žunko P. *Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer with Fixed Phase Between Terminal Voltage and Voltage Boost - Tool for Transient Stability Margin Enhancement* CIGRE TF 38-05-06 meeting, Iraklion, Crete, Nov. 1993.

[4] Povh, D., Mihalic, R. *Simulation of Power Electronic Equipment.* In: EPRI Workshop Baltimore, Oct. 7.-9., 1994).

[5] Mihalič, R., Povh, D., Žunko, P. *Improvement of Transient Stability Using Unified Power Flow Controller.* In: IEEE/PES Winter Meeting, New York, January 29 - February 2, 1995

Referent şi traducere: ing. Cornel Aldea - Centrul de Cercetare - GSCI

(Primit la 20 ianuarie 1997, acceptat la 5 martie 1997)

STABILIZAREA GRUPURILOR HIDROENERGETICE DE TIP BULB CU AJUTORUL REZISTENŢELOR DE FRÂNARE

dr.ing. MARIUS POMÂRLEANU ; ing. LIA BEJUSCU *

Datorită caracteristicilor lor constructive (inerţie mică, factor de putere ridicat etc.) hidrogeneratoarele de tip bulb îşi pierd uşor stabilitatea în cazul unor scurtcircuite în reţeaua apropiată.

Pentru a preîntâmpina efectele nedorite ale unor regimuri instabile se impune cu necesitate stabilizarea acestor grupuri.

Lucrarea prezintă un procedeu eficient de stabilizare a hidrogeneratoarelor de tip bulb cu ajutorul unor rezistenţe de frânare intercalate pentru un scurt interval de timp în circuitul grupurilor prin intermediul unor echipamente electronice de comutaţie. Se dau rezultatele unor calcule de sistem şi soluţii tehnice concrete pentru hidrogeneratoarele bulb de 27 şi de 13,5 MW, aflate în funcţiune în sistemul energetic românesc.

Due to their design characteristics (low inertia, high power factor) the bulb type hydrogenerators easily lose their stability whenever shortcircuits occur in the nearby network.

to avoid the undesirable effects caused by the unstable operating conditions et is necessary to ensure the stabilization of these units.

The paper presents an efficient method aimed at stabilizing the bulb type hydrogenerators based on the use of certaim brabing resistances of friction which can be interposed by means fo stome electronic switching equipment in the units circuit for a short period of time. Fimally the resulys of certain system related calculations are given as well as severd already known technical solutions for the 17 and 13.5 MW belb type hydrogenerators in operation in the Romanian Power System.

Descriptori: alternatoare, grupuri hidroenergetice bulb

Introducere

În sistemul nostru energetic există o serie de centrale hidroelectrice în care sunt instalate şi funcţionează grupuri de tip bulb de 27 MW (CHE Porţile de Fier II) sau de 13,5 MW (CHE Ipoteşti, Slătioara, Drăgăneşti, Frunzaru, Rusăneşti), care ridică o serie de probleme în exploatare, în special la apariţia unor scurtcircuite în zonă.

Se constată că aceste generatoare pierd uşor sincronismul, intrând în regimuri asincrone, cu urmări nefavorabile asupra funcţionării ansamblului, precum şi cu posibile deteriorări de echipamente, unele deosebit de grave (rotiri ale butucului rotorului pe arborele generatorului).

Analiza acestor fenomene a indicat unele cauze care ţin de structura reţelei în zonă, de performanţele echipamentelor de comutaţie şi de protecţie etc., precum şi cauze interne proprii acestor grupuri, cum ar fi:

- inerţie mică (2,89 s, 2,37 s);
- factor de putere ridicat (0,98; 0,95);
- instalaţii de reglaj de tensiune şi de viteză necorespunzătoare.

În acest context s-a studiat posibilitatea introducerii unor instalaţii de stabilizare de tip FACTS pentru aceste grupuri.

Dintre soluţiile posibile, în lucrarea de faţă se prezinta o analiză asupra procedeului intercalării în circuitul generatoarelor a unor rezistenţe de frânare.

1. Frânarea electrică

Pentru creşterea sarcinii generatoarelor în cazul unor scurtcircuite este indicat să se cupleze automat nişte rezistenţe, care în regim normal nu intervin [1]. Ele pot fi conectate în serie cu generatorul pe partea neutrului (A), între generator şi transformatorul bloc (B) sau în paralel la borne (C), aşa cum se arată în figura 1.

Intervenţia lor în momentul scurtcircuitelor poate fi urmărită în figura 2.

* RENEL - GSCI - Centrul de Cercetare, Bucureşti

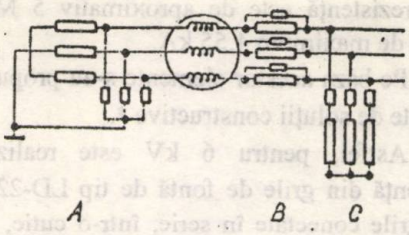


Fig.1. Variante de introducere a rezistenţelor de frânare în circuitul generatorului.

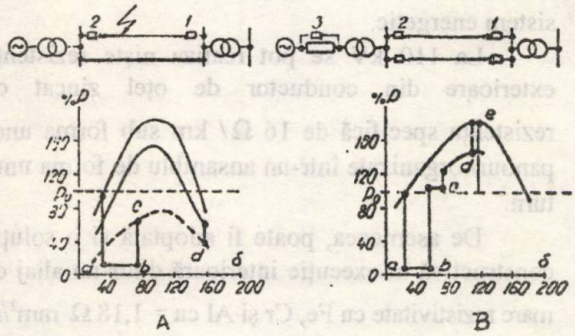


Fig. 2. Influenţa cuplării rezistenţelor de frânare în cazul scurtcircuitelor.

Dacă admitem că sistemul receptor este de putere infinită, la un scurtcircuit trifazat caracteristica puterii este cea trasată punctat în figura 2 A-jos; în momentul scurtcircuitului puterea scade până aproape de zero, la 0,13 s declanşează întrerupătorul 2 (pct. b), iar la 0,26 s se lichidează scurtcircuitul prin declanşarea întrerupătorului 1 (pct. d); unghiul este deja prea mare, astfel încât creşterea puterii în acest moment nu mai influenţează pozitiv evoluţia fenomenelor, iar stabilitatea se pierde.

Prezenţa unor rezistenţe de sarcină poate împiedica acest fenomen: dacă la 0,1 s din momentul producerii scurtcircuitului se deschide întrerupătorul 3 (din figura 2 B -sus), în circuit apare o rezistenţă de sarcină; datorită pierderilor mari puterea dată de generator creşte, suprafaţa de frânare se obţine suficient de mare şi sistemul rămâne în sincronism.

Această soluţie teoretică indică posibilitatea stabilizării grupurilor prin introducerea unor rezistenţe de sarcină, "de frânare", în timpul regimurilor tranzitorii cauzate de scurtcircuite.

Realizarea practică pe căi clasice ridică însă o serie de probleme legate de dificultatea construirii unor întrerupătoare care să asigure comutaţii multiple la timpi foarte mici.

Progresele mari obţinute de electronica de putere fac astăzi complet fezabilă introducerea unor astfel de soluţii, care asigură o mare flexibilitate pentru situaţiile speciale din sisteme - le energetice (FACTS).

2. Determinarea parametrilor instalaţiei de stabilizare a grupurilor bulb

Pentru a găsi o soluţie de frânare eficientă a fost efectuată o analiză detaliată, care a cuprins numeroase simulări de scurtcircuite în zona centralelor cu grupuri bulb, lichidate prin acţiunea protecţiilor, cu şi fără intervenţia unor rezistenţe de frânare.

S-a urmărit comportarea de ansamblu a hidrogeneratoarelor în astfel de situaţii, prin evoluţia în timp a principalelor mărimi electrice: puterea electrică, unghiul intern etc.

Testările făcute au avut ca scop obţinerea unor soluţii optime prin variaţia următorilor parametri:

- mărimea rezistenţei de frânare;
- durata de menţinere a scurtcircuitului;
- momentul conectării şi deconectării instalaţiei de frânare;
- locul şi modul de montare a rezistenţelor de frânare (la j.t. sau la î.t., individual pe un grup sau pe un bloc cu două grupuri, serie sau şunt etc.).

Pe baza numeroaselor calcule efectuate a rezultat că se obţin soluţii satisfăcătoare, dacă rezistenţele de frânare sunt montate în serie cu generatoarele.

În figura 3 se prezintă variaţia puterii electrice a hidrogeneratoarelor de 27 MW la un scurtcircuit trifazat pe o linie de evacuare în apropierea barelor centralei, în trei situaţii diferite, privind intervenţia instalaţiei de frânare:

a) rezistenţa de frânare montată în serie are o valoare de 0,5 Ω/ fază (la 6 kV) şi se aplică individual pe grup la 100 ms de la apariţia scurtcircuitului până la 350 ms;

b) rezistenţa are valoarea de 0,75 Ω/ fază, (la 6 kV) se aplică la 100 ms de la apariţia scurtcircuitului până la 500 ms;

c) rezistenţa are valoarea de 1 Ω/ fază (la 6 kV), este comutată după 100 ms de la apariţia scurtcircuitului şi este scurtcircuitată la 400 ms.

Se poate aprecia că în primul caz acţiunea de frânare este insuficientă, în timp ce în cazul b)

acţiunea de stabilizare este prea intensivă; cazul c) asigură o stabilizare optimală.

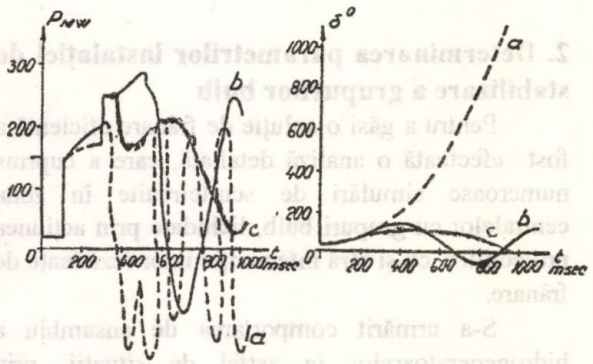


Fig. 3. Variaţia puterii electrice şi a unghiului δ la un scurtcircuit trifazat în zona CHE Porţile de Fier II: a - acţiune de frânare insuficientă; b - acţiune de frânare prea intensivă; c - acţiune de frânare optimală.

În finalul analizei s-au putut selecta principalele mărimi care să asigure o corectă dimensionare a instalaţiei de stabilizare a acestor grupuri, ţinându-se cont şi de alte elemente rezultate din:

- comportarea la diferite tipuri de scurt-circuite plasate în diverse puncte din zonă;
- diverse variante de montare a rezistenţelor de frânare;
- variante de schemă de funcţionare a grupurilor şi transformatoarelor din centrală;
- corelaţii cu protecţiile existente;
- stări tehnice accidentale (cuplări intempestive, refuz de deconectare etc.).

Se recomandă deci ca stabilizarea grupurilor bulb de 27 MW să se facă cu rezistenţe serie cu valoarea de 1 Ω/ fază la 6 kV pe grup sau 185 Ω/ fază la 110 kV pe bloc, menţinute în circuit de la 100 ms de la apariţia scurtcircuitului până la 400 ms.

Dacă se alege soluţia de frânare pe bloc la 110 kV menţinerea în circuit a rezistenţei timp de 300 ms va conduce la o energie dezvoltată de aproximativ 10 MJ la un curent maxim de 0,474 kA; pentru soluţia la 6 kV puterea disipată pe o rezistenţă este de aproximativ 5 MJ la un curent de maximum 4,55 kA.

Pe baza acestor elemente s-au propus câteva variante de soluţii constructive *.

Astfel, pentru 6 kV este realizabilă o rezistenţă din grile de fontă de tip LD-2267; câte şase grile conectate în serie, într-o cutie, 10 cutii pe fază îndeplinind condiţiile cerute de dimensionarea unui echipament instalat într-un sistem energetic.

La 110 kV se pot realiza nişte rezistenţe exterioare din conductor de oţel zincat cu rezistenţa specifică de 16 Ω/ km sub forma unor panouri organizate într-un ansamblu de forma unui turn.

De asemenea, poate fi adoptată şi o soluţie constructivă în execuţie interioară dintr-un aliaj de mare rezistivitate cu Fe, Cr şi Al cu = 1,18 Ω mm^2/m sub forma unor cutii cu un volum de circa 3 m^3 pe fiecare fază.

Concluzii

Lucrarea oferă o soluţie de stabilizare a grupurilor hidroenergetice de tip bulb din centralele sistemului nostru energetic prin utilizarea unor rezistenţe de frânare conectate în serie cu generatoarele, scurtcircuitate în funcţionarea normală de echipamente electronice de comutaţie.

BIBLIOGRAFIE

[1] Jdanov P.S. *Voprosi ustoicivosti electriceskih sistem*. Moscova, 1980.

[2] Korhov, I.F., Ragozin, A.A., Panco, S.N., Iacovlev, O.I. ş.a. *Experimentalnoe issledovanie posledovatelnogo electriceskogo termojenia kapsulnah ghidrogheneratorov.* In: Electriceskie stanţii, nr. 2, 1978.

Referent: conf. dr. ing. Maria Tudose - Facultatea de Energetică, Universitatea "Politehnica", Bucureşti

(Primit la 13 ianuarie 1997, acceptat la 14 aprilie 1997)

* Constantinescu, M. *Studiu de fezabilitate tehnică şi de implementare practică a soluţiilor posibile pentru stabilizarea grupurilor hidroenergetice de tip bulb; elaborarea caracteristicilor preliminare - Lucrare ICPET SA - 1991*

CONSIDERAŢII CU PRIVIRE LA DIMENSIONAREA ŞI VERIFICAREA CONDUCTEI DE EŞAPARE A SUPAPELOR DE SIGURANŢĂ DIN INSTALAŢIILE TERMOENERGETICE

dr. ing. GABRIEL ROMAŞCU, mat. DUMITRU DRĂGUŞIN *

Protecţia echipamentelor din instalaţiile termoenergetice la creşterea presiunii este asigurată prin supape de siguranţă. Este recunoscut că buna funcţionare a supapelor este influenţată şi de dimensiunea conductelor care asigură racordarea acestora la echipamentul protejat, precum şi de dimensiunea celor care asigură evacuarea aburului în atmosferă, respectiv de configuraţia sistemului supapă - conducte.

În articol se prezintă rezultatele obţinute de autori în stabilirea modelelor şi relaţiilor de calcul pentru dimensionarea conductei de eşapare a supapei, precum şi o aplicaţie concretă.

Metoda prezentată poate fi utilizată atât pentru dimensionarea instalaţiilor noi, cât şi pentru verificare, la instalaţiile supuse reabilitării.

The protection of the thermal power plants equipment when pressure increases is made through the safety valves. It is well known that the proper operation of the valves is influenced by the dimensioning of the pipes that ensure the connection of the former to the protected equipment, as well as by the dimension of those that ensure steam relief in the atmosphere, by the valve-pipes system configuration, respectively.

The article presents the results obtained by the authors in establishing the models, and the calculation relationships for the relief pipe dimensioning as well as an actual application.

The method presented can be used both for the new plants dimensioning and the checkups, of the plants to undergo a rehabilitation process.

Desscriptori: instalaţii termoenergetice, supape de siguranţă

Introducere

În instalaţiile centralelor termoelectrice se află un număr însemnat de instalaţii protejate la creşterea presiunii peste o anumită limită, cu ajutorul supapelor de siguranţă. Este cunoscut că, din ce în ce mai mult, specialiştii apreciază că funcţionalitatea unei supape trebuie considerată în strânsă legătură cu sistemul de conducte de intrare/ieşire din supapă.

Astfel, în documentele unor firme constructoare de supape şi în prescripţiile pentru alegerea supapelor, pe lângă recomandările şi relaţiile de calcul pentru dimensionarea supapei, se prezintă şi unele considerente pentru dimensionarea conductei care face legătura între recipientul protejat şi supapă, precum şi pentru conducta de ieşire (eşapare) din supapă [1-6].

Articolul de faţă tratează problema din punctul de vedere al dimensionării conductei de eşapare a supapei de siguranţă.

* RENEL - GSCI - Centrul de Studii, Bucureşti

Consideraţii teoretice

În lucrare au fost folosite notaţiile:

G - debitul de abur;
p_0 - presiunea dinaintea supapei;
A - secţiunea scaunului supapei;
p_1 - presiunea după supapă;
p_2 - presiunea la capătul ţevii;
c_p - coeficientul de contrapresiune;
M - numărul Mach;
λ - coeficientul de frecare;
l - lungimea conductei;
w -viteza ;
v - volumul specific;
a - viteza sunetului;
α - coeficient de scurgere.

1. Supapa de siguranţă

Debitul de abur care poate fi evacuat printr-o supapă determinată prin diametrul d_o al scaunului acesteia este stabilit conform [1] prin relaţia:

$$G = 1{,}61 * \alpha * \phi * A * \sqrt{\frac{1{,}1 * p_0 + 1}{v_0}}, \qquad (1)$$

care are la bază cunoscuta relaţie din termodinamică a curgerii prin ajutaje [8], şi anume:

$$G = A * \sqrt{2 * \frac{n}{n-1} * \frac{p_0}{v_0} * \left[\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{2}{n}} - \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{n+1}{n}} \right]} \quad (2)$$

Conform acestei relaţii debitul care trece prin supapă este dependent de raportul dintre presiunea de ieşire şi cea de intrare până la o valoare critică a raportului presiunilor (0,546 în cazul aburului supraîncălzit), după care debitul rămâne constant.

Datorită pierderilor de presiune din corpul supapei prescripţiile impun, şi furnizorii garantează, o anumită valoare a contrapresiunii maxime (p_{cmax}) la racordul de ieşire până la care supapa asigură evacuarea debitului solicitat. Astfel, domeniul corect de funcţionare a supapei este acela în care contrapresiunea efectivă este cuprinsă între 0 şi p_{cmax} (fig.1).

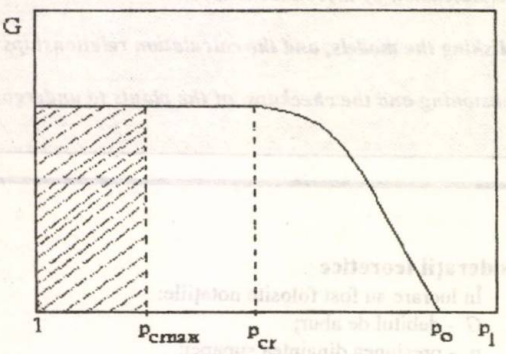


Fig.1. Variaţia debitului prin supapă funcţie de presiunea la ieşire: p_0 - presiunea la intrare ; p_1 - presiunea la ieşire ; p_{cmax} - contrapresiunea maximă la care se garantează debitul nominal ; p_{cr} - presiunea critică

domeniu recomandat

Contrapresiunea care poate apărea la racordul de ieşire al supapei este determinată în cele mai multe cazuri de rezistenţa hidraulică a traseului conductei de eşapare. Rezistenţele locale frecvent întâlnite sunt difuzoarele şi coturile, întrucât pe conductele de eşapare se evită introducerea de rezistenţe suplimentare. Sunt situaţii în care eşaparea poate avea loc într-un recipient, aşa cum este cazul instalaţiei cu descărcare în spaţiu închis [2], când contrapresiunea este determinată şi de presiunea din acest recipient.

Contrapresiunea maximă admisă la racordul de ieşire al supapei se calculează, conform [3], cu relaţia:

$$p_{cmax} = 1 + c_p * 0.01 * (p_o - 1), \quad (3)$$

în care:

p_o este presiunea din faţa supapei;

c_p - coeficient contrapresiune [%].

2. Conducta de eşapare

Curgerea aburului prin conducta de eşapare a supapei se poate considera ca fiind adiabatică, fără efectuare de lucru mecanic [7].

Ecuaţia diferenţială a primului principiu al termodinamicii este:

$$w\,dw + dl_{fr} = 0. \quad (4)$$

Prin transformări succesive se ajunge la relaţia:

$$R\,dT + (w^2 - \frac{a^2}{k}) * \frac{dw}{w} + \lambda * \frac{w^2}{2} * \frac{dl}{d} = 0. \quad (5)$$

Dacă se ţine seama că:

$$\frac{T_{cr}}{T_a} = \frac{2}{k+1}; \qquad \frac{T_a}{T} = 1 + \frac{k-1}{2} * M_1^2$$

$$M = \frac{\frac{2}{k+1} * M_{cr}^2}{1 - \frac{k-1}{k+1} M_{cr}^2}, \quad (5')$$

se poate scrie:

$$\left(\frac{1}{M_{cr}^2} - 1\right) * \frac{dM_{cr}}{M_{cr}} = \frac{k}{k+1} * \lambda * \frac{dl}{d}. \quad (6)$$

Dacă se integrează ecuaţia (6) între două secţiuni, 1 şi 2 ale conductei de eşapare se obţine:

$$\frac{1}{M_{cr_1}^2} - \frac{1}{M_{cr_2}^2} - \ln \frac{M_{cr_2}^2}{M_{cr_1}^2} = 2 * \frac{k}{k+1} * \lambda * \frac{l}{d} \quad (7)$$

Relaţia permite determinarea valorii M_{cr_2} la orice distanţă de începutul conductei, dacă se cunosc M_{cr_1}, d şi l.

Lungimea maximă a conductei pentru care în secţiunea de ieşire 2 se obţine viteza sunetului ($M_{cr_2} = 1$) este:

$$L_{max} = \frac{k+1}{2*k} * \frac{d}{\lambda} * \left(\frac{1}{M_{cr_1}^2} - 1 - \ln \frac{1}{M_{cr_1}^2}\right), \quad (8)$$

sau, ţinând seamă de relaţia (5'):

$$L_{max} = \frac{d}{\lambda} * \left(\frac{1 - M_1^2}{k * M_1^2} + \frac{k+1}{2*k} * \ln \frac{\frac{k+1}{2} * M_1^2}{1 + \frac{k-1}{2} * M_1^2} \right) \quad (9)$$

Dacă se calculează lungimea echivalentă (L_{ech}) a traseului de eşapare, se pot întâlni următoarele cazuri:

- $L_{ech} < L_{max}$ - curgerea este subsonică;
- $L_{ech} = L_{max}$ - curgerea este sonică; în secţiunea de evacuare se atinge viteza sunetului;
- $L_{ech} > L_{max}$ - curgerea este pulsatoare; nu se va asigura evacuarea debitului necesar.

a) Cazul $L_{ech} < L_{max}$

În acest caz se consideră că traseul se măreşte cu o distanţă $\Delta L = L_{max2}$, astfel că la ieşirea din conductă se asigură viteza sunetului şi se poate scrie:

$L_{max1} = L + \Delta L$, deci:
$L = L_{max1} - L_{max2}$.

Fiecare din traseele L_{max1} şi L_{max2} asigură la ieşire o viteză critică.

Astfel, pe baza relaţiei (9) se poate scrie:

$$\lambda * \frac{L}{d} = \frac{1 - M_1^2}{k * M_1^2} - \frac{k+1}{2*k} * \ln \frac{\frac{k+1}{2} M_1^2}{1 + \frac{k-1}{2} * M_1^2} - \quad (10)$$

$$- \frac{1 - M_2^2}{k * M_1^2} + \frac{k+1}{2*k} * \ln \frac{\frac{k+1}{2} * M_2^2}{1 + \frac{k-1}{2} * M_2^2}.$$

b) Cazul $L_{ech} = L_{max}$

În acest caz, pentru un traseu cunoscut se poate reprezenta grafic (fig. 2) valoarea raportului p_1/p_2, funcţie de parametrul $\lambda l/d$, constant pentru o conductă aleasă, astfel ca la ieşirea din conductă să se atingă viteza sunetului [3, 5, 9].

În cazul în care eşaparea are loc în atmosferă cu viteza sunetului, dependenţa debitului care trece printr-o conductă, caracterizată prin parametrul $\lambda l/d$, funcţie de p_1, este reprezentată în figura 3.

Se observă că pe măsură ce p_1 creşte, debitul prin conductă creşte. De asemenea, pentru acelaşi p_1 debitul creşte odată cu creşterea diametrului conductei.

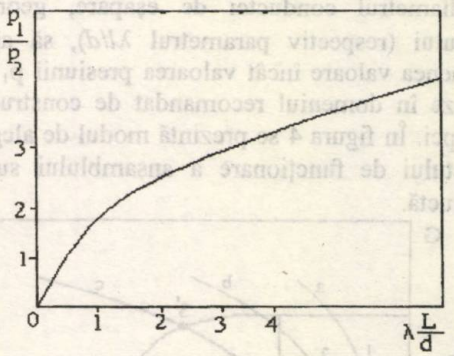


Fig. 2. Dependenţa presiunii la începutul conductei de eşapare de lungimea şi diametrul acesteia: p_2 - presiunea la ieşirea din conductă; p_1 - presiunea la intrarea în conductă.

Diagrama din figura 2 este valabilă pentru curgere cu viteză sonică la ieşirea din conductă.

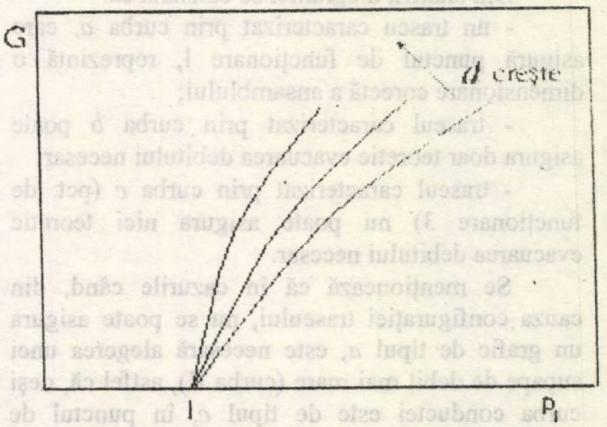


Fig. 3. Dependenţa debitului prin conductă funcţie de presiunea de la începutul acesteia: d - diametrul conductei.

2. Analiza ansamblului supapă-conductă de eşapare

Din compararea diagramelor din figurile 1 şi 3 se constată că valoarea presiunii p_1 la ieşirea din supapă influenţează diferit debitul din cele două componente ale ansamblului, astfel:

- la creşterea valorii presiunii p_1 (deci a contrapresiunii) debitul prin supapă scade;
- la creşterea valorii presiunii p_1 (deci a presiunii de intrare în ţeavă) debitul prin conductă creşte.

Pentru a asigura protecţia corespunzătoare a echipamentului la creşterea presiunii, este necesar ca diametrul conductei de eşapare, geometria traseului (respectiv parametrul $\lambda l/d$), să aibă o asemenea valoare încât valoarea presiunii p_1 să se situeze în domeniul recomandat de constructorul supapei. În figura 4 se prezintă modul de alegere a punctului de funcţionare a ansamblului supapă-conductă.

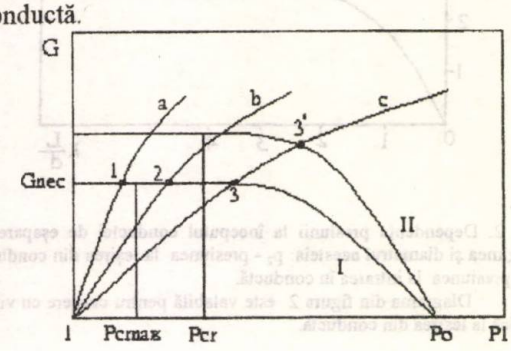


Fig. 4. Diagrama de funcţionare a anasmblului supapă + conductă de eşapare: 1 - punct de funcţionare recomandat; 2,3 - puncte interzise; 3' - punct nerecomandat; G_{nec} - debitul necesar de evacuat.

Din analiza diagramei se constată că:

- un traseu caracterizat prin curba *a*, care asigură punctul de funcţionare 1, reprezintă o dimensionare corectă a ansamblului;
- traseul caracterizat prin curba *b* poate asigura doar teoretic evacuarea debitului necesar;
- traseul caracterizat prin curba *c* (pct. de funcţionare 3) nu poate asigura nici teoretic evacuarea debitului necesar.

Se menţionează că în cazurile când, din cauza configuraţiei traseului, nu se poate asigura un grafic de tipul *a*, este necesară alegerea unei supape de debit mai mare (curba II), astfel că, deşi curba conductei este de tipul *c*, în punctul de funcţionare 3' se asigură totuşi evacuarea debitului necesar; o asemenea rezolvare nu este recomandată şi, dacă ar trebui totuşi adoptată, este necesar să fie bine analizată de proiectantul de proces, împreună cu furnizorul supapei, beneficiarul instalaţiei şi organismul de autorizare.

În literatura de specialitate [3] se recomandă ca presiunea la capătul conductei de eşapare să fie, pentru cazul curgerii sonice, mai mare decât 1, şi anume:

$$p = 0{,}54 * 1{,}1 * \alpha * p_0 * A_0 / A_2 \ . \qquad (10)$$

Această relaţie exprimă echilibrul forţelor statice între secţiunea care se află imediat după scaunul supapei şi secţiunea de ieşire a conductei de eşapare; în general, normativele recomandă ca în conductele de eşapare să nu se depăşească viteza de 150-200 m/s. Această limitare duce la un diametru care situează curgerea în cazul subsonic ($L_{ech} < L_{max}$).

Pentru rezolvarea practică, utilă pentru calculele de proiectare sau verificare, s-a elaborat un program de calcul al cărui algoritm este prezentat în figura 5.

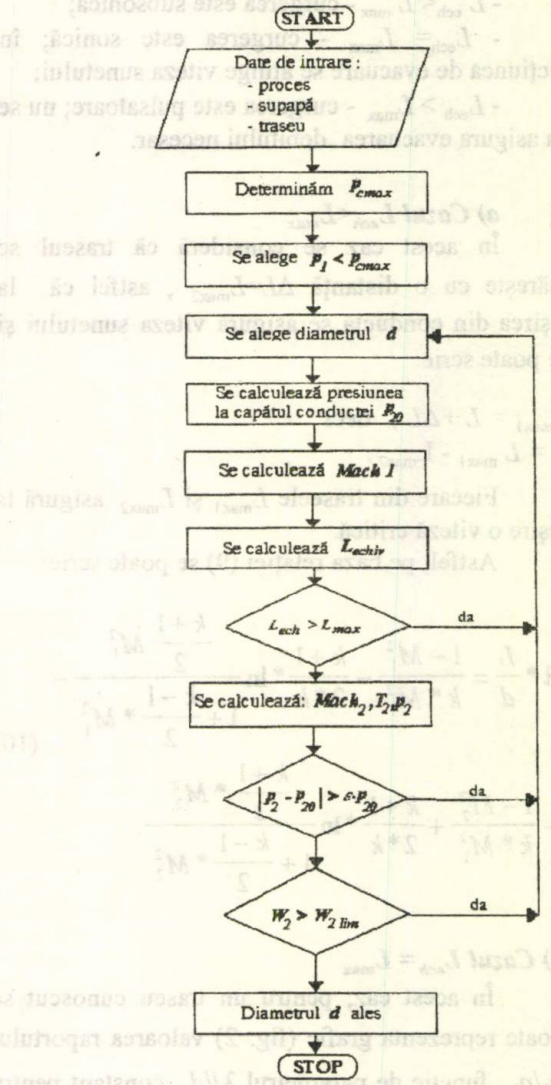


Fig. 5. Schema bloc a programului de calcul pentru determinarea diametrului *d* al conductei de eşapare.

Aplicaţie

Aplicarea programului s-a făcut pentru un caz întâlnit în cadrul blocului de 330 MW, şi anume colectorul de abur de 1,3 MPa (13 bar).

Date de intrare şi rezultate de calcul:

- presiunea înainte de intrarea în supapă [MPa], p_0 1,3
- temperatura înainte de intrarea în supapă [^{0}C] 350

-viteza limită la ieşirea din supapă [m/s] $w2_{lim}$	220
-presiunea maximă admisă după supapă [MPa] p_{cmax}	0,4
-debit [kg/s], G_0	13,88
-diametrul conductei [m], d	0,345
-presiunea maximă la capătul conductei [MPa], p_{20}	0,1918151
-temperatura după supapă [^{0}C], t_1	338
-presiunea după supapă [MPa], p_1	0,27
-viteza la ieşirea din supapă [m/s] ,w_1	155,2419
-numărul Mach la ieşirea din supapă, M_1	0,2564075
-temperatura la capătul conductei [^{0} C], t_2	326,0673
-presiunea la capătul conductei [MPa], p_2	0,1881161
-viteza la capătul conductei [m/s], w_2	218,4646
-numărul Mach la capătul conductei, M_2	0,3644061

Concluzii

Metoda prezentată se constituie într-un instrument de lucru lesnicios, care permite dimensionarea (pentru instalaţiile noi) sau verificarea (unor instalaţii existente) cu ocazia lucrărilor de reabilitare a traseului de eşapare a supapei.

BIBLIOGRAFIE

[1] C37 - 83. *Prescripţii tehnice pentru proiectarea, execuţia, încercarea în vederea omologării supapelor de siguranţă destinate echipării cazanelor şi recipientelor sub presiune.* ISCIR, Bucureşti

[2] API-520 1976. *Recomended Practice for the design and installation of pressure-relieving systems in refineries.*

[3] Bopp şi Reuther. *Safety Valves. Handbook for systems planners and operators.* 1983.

[4] ANSI/ASME B 31.1 1980. *Nonmandatory rules for the design of safety valve installations.*

[5] TRD 421 *Equipment. Pressure relief devices-safety valves- for steam boilers of groups I, III and IV.* Ed. 1982.

[6] Sempell. *Sicherheitsventile mit DIN und ANSI Anschlusen.*

[7] Ştefănescu,D., Grunwald B. *Transmisia căldurii şi dinamica gazelor.* Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1965.

[8] Ştefănescu,D. şi alţii. *Bazele termotehnicii.* Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1970.

[9] Răşcanu, R., Romaşcu, G., Pancef, Gh. *Consideraţii privind curgerea aburului prin conducte deschise.* In: Energetica, vol 39, nr. 6 - A/1991 .

Referent: ing. Vasile Rugină - FPS

(Primit la 20 martie 1997, acceptat la 13 mai 1997)

Primim de la . . .

VISION in BUSINESS LTD anunţă conferinţa ***"Minimising Tax Liability in Central and Eastern Europe" (Diminuarea impozitării în Europa Centrală şi de Est)***, organizată la Viena, între 15 - 16 septembrie 1997.

In cadrul lucrărilor conferinţei participanţii vor putea evalua ultimele modificări privind regulamentele de impozitare, începând cu Republica Cehă şi terminând cu Bulgaria, vor discuta structurile de impozitare eficiente şi vor învăţa cum să evite capcanele impozitării atunci când operează în această regiune.

Tematica conferinţei cuprinde:

- impozite pentru corporaţii şi impozite care se reţin;
- VAT;
- taxe vamale şi accize;
- repatrierea profitului şi evaluarea preţurilor pentru transfer;
- leasing transfrontieră;
- expatrierea remuneraţiei.

In lista referatelor ce vor prezentate în prima zi a conferinţei figurează şi lucrarea domnului Valentin George, Tax Legal Manager - KPMG, din România.

Ziua de 17 septembrie este dedicată în întregime Rusiei. Participanţii la masa rotundă organizată în această zi vor avea ocazia să obţină informaţii de ultimă oră cu privire la pericolele, capcanele şi posibilităţile de planificare ale sistemului de impozitare rus.

CALCULUL VITEZEI DE ÎNCĂLZIRE DIN STARE RECE A UNUI GENERATOR DE ABUR CU CIRCULAŢIE NATURALĂ

prof. dr. ing. CONSTANTIN NEAGA; as. ing. LUCIAN COJOCIA *

Viteza de încălzire a tamburului unui generator cu circulaţie naturală este parametrul determinant şi cel mai important de urmărit în perioada de start a unui astfel de echipament.

Lucrarea prezintă un model de calcul al vitezei de încălzire a tamburului şi câteva aspecte legate de modelarea numerică propriu-zisă. Ecuaţiile complexe prezentate în lucrare permit evidenţierea factorilor ce intervin în calculul mărimii de interes. De asemenea, se prezintă şi valorile de calcul în urma simulării numerice pentru un caz concret, cel al tamburului generatorului de 420 t abur/h.

The heating speed of drum wall of a natural circulation generator in the most important parameter to follow in the start period of this kind of equipment.

The paper presents a calculus model of heating speed of drum wall. From algebraic summation of mechanical and thermal stress, we got a complex equation. The solution of this equation leads us to obtain the heating speed and also to emphasise all of the thermo-mechanical starting factors.

Descriptori: generatoare de aburi, circulaţie naturală, regim tranzitoriu

Introducere

Viteza de încălzire a pereţilor tamburului unui generator de abur cu circulaţie naturală constituie mărimea dominantă care trebuie urmărită în perioada de pornire a acestuia, în scopul păstrării parametrilor funcţionali şi constructivi în limitele de proiect. Neadaptarea vitezei de pornire a generatorului cu viteza de încălzire a tamburului poate duce la avarii grave, prin fisurare, a acestuia din urmă.

Din însumarea algebrică a expresiilor tensiunilor din pereţii tamburului, datorate presiunii agentului de lucru, şi a tensiunilor termice, datorate diferenţelor de temperatură, se obţine o ecuaţie a cărei soluţie conduce la aflarea vitezei de încălzire, respectiv de pornire; expresia astfel obţinută permite evidenţierea tuturor factorilor ce intervin în regimul nestaţionar de pornire.

1. Determinarea temperaturii în grosimea peretelui tamburului

Ecuaţia conducţiei axial simetrice, pentru cazul regimului tranzitoriu, derivată din expresia generală, caz unidimensional [10], se scrie :

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a\left(\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial t}{\partial r}\right), \qquad (1)$$

în care:

a este difuzivitatea termică, [m^2/s], $a = \lambda / (\rho c_p)$;

λ - conductivitatea termică a metalului, funcţie de temperatură [W/(m.K)];

ρ - densitatea materialului, funcţie de temperatură [kg/m^3];

c_p - căldura specifică a metalului [J/(kg.K)];

r - coordonata de rază [m];

t - temperatura [°C];

τ - timpul [s].

Dacă se notează cu $v = \frac{\partial t}{\partial \tau}$ [°C/s] viteza de încălzire, în ipoteza că v = const. pe direcţia razei, ecuaţia (1) va avea o soluţie de forma:

$$t(r) = \frac{v}{4a} r^2 + C_1 \ln r + C_2 . \qquad (2)$$

* Universitatea Politehnica Bucureşti

Constantele C_1 şi C_2 se vor determina din următoarele două condiţii la limită a) şi b):

a) $r = r_i \rightarrow t = t_i$

$$t(r_i) = \frac{v}{4a} r_i^2 + C_1 \ln r_i + C_2 = t_i;$$

$$\text{b)} - \pi r_i \lambda \left.\frac{dt}{dr}\right|_{r=r_i} = \int_{r_i}^{r_e} \frac{d}{d\tau}\left(2\pi r \rho c_p t\right) dr,$$

relaţia (3) fiind expresia de bilanţ termic ce egalează fluxul termic interior (primit prin conducţie de peretele interior) cu cel acumulat de peretele tamburului în timpul τ. Condiţiile sunt scrise la interiorul peretelui tamburului şi la exteriorul său. Constantele C_1 şi C_2 au expresiile:

$$C_1 = -\frac{v}{2a} r_e^2 \; ; C_2 = t_i - \frac{v}{4a} r_i^2 + \frac{v}{2a} r_e^2 \ln r_i .$$

În final, relaţia de calcul al temperaturii în peretele tamburului se scrie:

$$t(r) = t_i + \frac{v}{4a}(r^2 - r_i^2) - \frac{v}{2a} r_e (\ln r - \ln r_i), \quad (4)$$

r fiind raza curentă , $r_i \leq r \leq r_e$; r_i , r_e - raza interioară a tamburului, respectiv raza sa exterioară, în [m].

3. Calculul diferenţei de temperatură între generatoarele superioară şi inferioară ale tamburului

Tamburul, ca zonă de schimb termic, reprezintă locul de separaţie între apa şi aburul aflate la aceeaşi presiune. Când s-a ajuns la fierbere, partea superioară a tamburului prezintă o activitate de schimb termic mult intensificată, comparativ cu partea sa inferioară, din cauza coeficienţilor convectivi de schimb termic diferiţi pentru cele două zone. În partea sa superioară, tamburul condensează o parte din aburul separat, condensare ce face ca procesul de schimb termic să fie mult amplificat. Ca exemplu, în literatura de specialitate se citează valorile de coeficienţi α_1=17000-23000 [W/(m^2.K)] (zona superioară), α_2=2300-2500 [W/ (m^2.K)] (zona inferioară) [4, 8, 9, 11, 12, 13].

Fie o secţiune longitudinală prin tambur ca în figura 1.

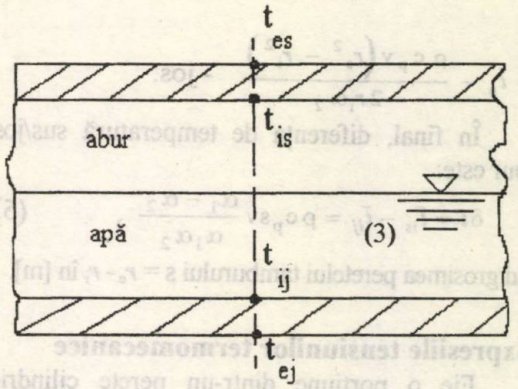


Fig. 1. Temperaturi pe generatoarea superioară şi inferioară a tamburului.

Indicii folosiţi pentru descrierea temperaturilor din figură au următoarele semnificaţii: ej - jos exterior; ij - jos interior; is - sus interior; es - sus exterior. Ecuaţia care determină complet calculul valorii lui $\delta t = \bar{t}_{is} - \bar{t}_{ij}$ se determină dintr-o ecuaţie de conservare a energiei scrisă pentru fiecare dintre cele două zone, superioară şi, respectiv, inferioară ale tamburului:

- partea superioară:

$$\pi r_i \alpha_1 \left(t_a - \bar{t}_{is}\right) = \frac{d}{dt}\left[\int_{r_i}^{r_e} \pi r \rho c_p t \, dr\right] = \rho c_p v \pi \int_{r_i}^{r_e} r \, dr;$$

- partea inferioară

$$\pi r_i \alpha_2 \left(t_a - \bar{t}_{ij}\right) = \frac{d}{dt}\left[\int_{r_i}^{r_s} \pi r \rho c_p t \, dr\right] = \rho c_p v \pi \int_{r_i}^{r_s} r \, dr,$$

în care:

t_a reprezintă temperatura apei (sau a aburului) în [°C],

α_1 - coeficientul de transfer de căldură convectiv de la abur la peretele metalic [W/(m^2.K)],

α_2 - coeficientul de transfer de căldură convectiv de la apă la peretele metalic [W/(m^2.K)],

$\bar{t}_{is}, \bar{t}_{ij}$ - valorile medii de temperatură pe zonele respective.

Restul notaţiilor sunt cele cunoscute.

În forma lor simplificată, relaţiile scrise anterior sunt:

$$\bar{t}_{is} = t_a - \frac{\rho c_p v \left(r_e^2 - r_i^2\right)}{2 r_i \alpha_1} \text{ - sus;}$$

$$\bar{t}_{ij} = t_a - \frac{\rho c_p v\left(r_e^2 - r_i^2\right)}{2 r_i \alpha_2} \quad \text{- jos.}$$

În final, diferența de temperatură sus/jos tambur este:

$$\delta t = \bar{t}_{is} - \bar{t}_{ij} = \rho c_p s v \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 \alpha_2}, \qquad (5)$$

s fiind grosimea peretelui tamburului $s = r_e - r_i$ în [m].

3. Expresiile tensiunilor termomecanice

Fie o porțiune dintr-un perete cilindric (fig. 2). Tensiunile termice ce apar în peretele tamburului sunt σ_r, σ_θ și σ_z. Relațiile lor matematice sunt următoarele [9]:

$$\rho_r(t) = \frac{\alpha E}{1-\nu}\left[\frac{r^2 - r_i^2}{r^2\left(r_e^2 - r_i^2\right)}\int_{r_i}^{r_e} rt(r)\,dr - \frac{1}{r^2}\int_{r_i}^{r} rt(r)\,dr\right];$$

$$\sigma_\theta(t) = \frac{\alpha E}{1-\nu}\left[\frac{r^2 + r_i^2}{r^2\left(r_e^2 - r_i^2\right)}\int_{r_i}^{r_e} rt(r)\,dr + \right. \qquad (6)$$

$$\left. + \frac{1}{r^2}\int_{r_i}^{r} rt(r)\,dr - t(r)\right];$$

$$\sigma_z(t) = \frac{\alpha E}{1-\nu}\left[\frac{2}{\left(r_e^2 - r_i^2\right)}\int_{r_i}^{r_e} rt(r)\,dr - t(r)\right],$$

unde:

E este modulul de elasticitate longitudinal [MPa];

α - coeficient de dilatare liniară [1/K];

ν - coeficientul lui Poisson;

$t(r)$ - temperatura funcție de rază.

Modulul de elasticitate, la rândul său, este o funcție de temperatură, în cazul relațiilor (6), funcție de temperatura medie pe grosimea "s" a peretelui tamburului.

Figura 2 prezintă, în sistemul de coordonate cilindric, sistemul triedru format de cele trei tensiuni. Suprafața haşurată din figură reprezintă o suprafață elementară pe care acționează triedrul tensiunilor.

Înlocuind relația (4) în (6) și scriind tensiunile termice pentru fiecare din razele $r = r_i$ și $r = r_e$ se obțin tensiunile termice în forma lor finală

- direcție radială:

$$\sigma_r(t)\big|_{r=r_i} = 0 \;;\; \sigma_r(t)\big|_{r=r_e} = 0; \qquad (7)$$

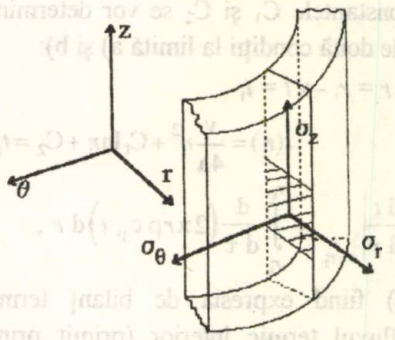


Fig. 2.Tensiuni termice în peretele cilindric

- direcție tangențială:

$$\sigma_\theta(t)\big|_{r=r_i} = \frac{\alpha E}{(1-\nu)a} v s^2 \phi_{fi}, \qquad (8)$$

unde ϕ_{fi} este factorul de formă interior al tamburului. Viteza de încălzire se calculează pentru $r = r_i$:

$$v = \frac{\partial t}{\partial \tau} = v\big|_{t(r=r_i)},$$

iar factorul de formă interior se scrie

$$\phi_{fi} = \frac{1}{8}\frac{\left(\beta^2 - 1\right)\left(3\beta^2 - 1\right) - 4\beta^4 \ln\beta}{\left(\beta^2 - 1\right)(\beta - 1)^2}; \qquad (9)$$

(valoarea sa fiind întotdeauna mai mică ca zero).

$$\sigma_\theta(t)\big|_{r=r_e} = \frac{\alpha E}{(1-\nu)a} v s^2 \phi_{fe}, \qquad (10)$$

ϕ_{fe} fiind factorul de formă exterior al tamburului,

$$\phi_{fe} = \frac{1}{8}\frac{\left(\beta^4 - 1\right) - 4\beta^2 \ln\beta}{\left(\beta^2 - 1\right)(\beta - 1)^2}, \qquad (11)$$

(valoarea sa fiind întotdeauna mai mare decât zero);

- direcție axială:

$$\sigma_z(t)\big|_{r=r_i} = \sigma_\theta(t)\big|_{r=r_i}; \qquad (12)$$

$$\sigma_z(t)\big|_{r=r_e} = \sigma_\theta(t)\big|_{r=r_e}, \qquad (13)$$

valorile fiind obținute după înlocuire în relațiile (6) și $\beta = r_e/r_i$.

La aceste tensiuni se vor adăuga tensiunile rezultate în urma diferenței δt de temperatură (5). Dacă se scrie alungirea și deformația specifică pentru generatoarea superioară a tamburului, $\Delta l_s = l_0\alpha\left(\bar{t}_s - t_0\right), \varepsilon_s = \alpha\left(\bar{t}_s - t_0\right)$ și, respectiv, pentru generatoarea inferioară, $\Delta l_i = l_0\alpha\left(\bar{t}_i - t_0\right), \varepsilon_j = \alpha\left(\bar{t}_i - t_0\right)$ diferența între alungiri se calculează cu relația:

$$\Delta l = \Delta l_s - \Delta l_i = l_0\alpha\left(\bar{t}_s - \bar{t}_i\right) = l_0\alpha\delta t, \qquad (14)$$

în care:
l_0 este lungimea inițială a generatoarei;
"s" - generatoarea superioară ;
"i" - generatoarea inferioară.

Această diferență trebuie raportată la întreaga secțiune circulară a tamburului pentru a putea calcula tensiunea după direcția OZ. Cu alte cuvinte:

$$\sigma_z(\delta t) = \alpha \frac{\delta t}{2} E \; . \qquad (15)$$

Relația (15) definește, în mărime absolută, expresia de calcul a tensiunii după axa OZ, datorată diferenței de temperatură între generatoarele superioară și, respectiv, inferioară a tamburului. Pentru a defini complet solicitarea pentru fiecare zonă, trebuie specificate care sunt semnele atașate relației. În final se obține

- generatoare sus: $\sigma_z = -\alpha \frac{\delta t}{2} E$; (16)

- generatoare jos: $\sigma_z = \alpha \frac{\delta t}{2} E$. (17)

Semnele din relațiile (16, 17) reprezintă: (-) comprimare, iar (+) întindere. Pentru tambur a-cest lucru se traduce prin faptul că pe generatoarea superioară el este comprimat, iar pe cea inferioară el este întins (fig. 3).

Tensiunile *pur mecanice* se datorează numai presiunii interioare a agentului de lucru existent în tambur, modelul propus neputând ține seama de greutatea specifică a materialului tamburului, de greutatea agentului de lucru din tambur și, respectiv de forțele de legătură ce apar la îmbinările dintre manta și țevile de interconexiune

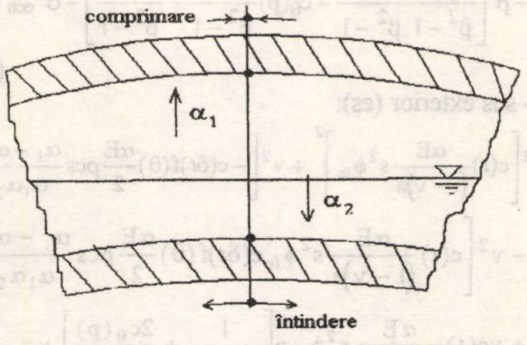


Fig. 3. Tensiuni suplimentare datorate diferenței de temperatură δt între generatoarele sus-jos.

cu celelalte subansambluri ale generatorului. Tamburul fiind considerat corp cilindric, relațiile de calcul ale acestor tensiuni sunt:

- direcție radială:

$$\sigma_r(p) = -p \frac{\beta^2{}_r - 1}{\beta^2 - 1};$$

- direcție tangențială:

$$\sigma_\theta(p) = p \frac{\beta^2{}_r + 1}{\beta^2 - 1}; \qquad (19)$$

- direcție axială

$$\sigma_z(p) = p \frac{1}{\beta^2 - 1}. \qquad (20)$$

Ordonând valorile acestor tensiuni, se constată că:

$$\sigma_r < \sigma_z < \sigma_\theta \qquad (21)$$

și $$\sigma_\theta - \sigma_z = \sigma_z - \sigma_r = \frac{(\sigma_\theta - \sigma_r)}{2}, \qquad (22)$$

cu $\beta_r = r_e/r$ și $\beta = r_e/r_i$.

În figura 4 se prezintă, comparativ, distribuția tensiunilor de origine mecanică și, respectiv termică, în secțiunea longitudinală a peretelui tamburului.

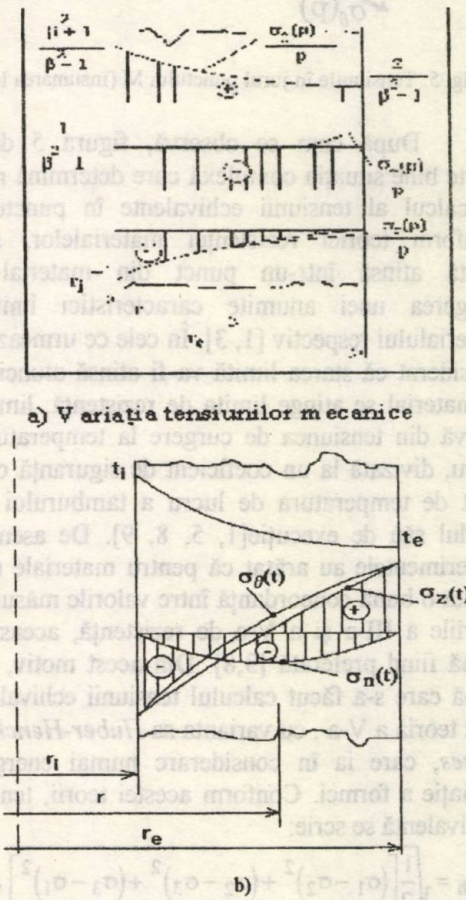


Fig. 4. Reprezentarea tensiunilor în grosimea peretelui tamburului - a) mecanice; b) termice.

Fie un punct *M*, ca în figura 5. Conform celor scrise anterior, starea de tensiune în punctul *M* este caracterizată de existența a trei tipuri de solicitări: datorate presiunii interioare tamburului (*p*), datorate variației temperaturii în peretele tamburului (*t*) și datorate diferenței de temperatură rezultată în urma schimbului de căldură diferit între zona superioară a tamburului și abur și, respectiv, zona inferioară a tamburului și apa sub presiune, la saturație (δt). Fiecare dintre aceste tensiuni sunt scrise pentru cele trei direcții: radială, tangențială și axială.

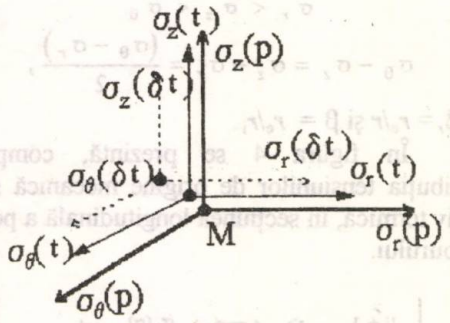


Fig. 5. Tensiunile în jurul punctului M (însumarea lor).

După cum se observă, figura 5 descrie foarte bine situația complexă care determină modul de calcul al tensiunii echivalente în punctul *M*. Conform teoriei rezistenței materialelor, starea limită atinsă într-un punct din material este atingerea unei anumite caracteristici limită a materialului respectiv [1, 3]. În cele ce urmează s-a considerat că starea limită va fi atinsă atunci când în material se atinge limita de rezistență, limită ce derivă din tensiunea de curgere la temperatura de lucru, divizată la un coeficient de siguranță ce ține cont de temperatura de lucru a tamburului și de modul său de execuție[1, 5, 8, 9]. De asemenea, experimentele au arătat că pentru materiale tenace există o bună concordanță între valorile măsurate și teoriile a III-a și a V-a de rezistență, aceasta din urmă fiind preferată [3,8]. Din acest motiv, teoria după care s-a făcut calculul tensiunii echivalente a fost teoria a V-a , cu varianta sa *Huber-Hencky-von Mises*, care ia în considerare numai energia de variație a formei. Conform acestei teorii, tensiunea echivalentă se scrie:

$$\sigma_{ech}=\sqrt{\frac{1}{2}\left[(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2\right]}, \quad (23)$$

unde σ_1, σ_2 și σ_3 sunt tensiunile pe direcțiile principale.

Considerând că tensiunile principale se obțin prin însumarea după cele trei direcții (fig. 5), obținem relațiile:

$$\sigma_z=\sigma_z(p)+\sigma_z(t)+\sigma_z(\delta t);$$
$$\sigma_r=\sigma_r(p)+\sigma_r(t)+\sigma_r(\delta t);$$
$$\sigma_\theta=\sigma_\theta(p)+\sigma_\theta(t)+\sigma_\theta(\delta t),$$

astfel că ecuația (21) va căpăta forma echivalentă:

$$\sigma^2_{ech}=\sigma_z^2+\sigma_r^2+\sigma_\theta^2-\sigma_z\sigma_r-\sigma_r\sigma_\theta-\sigma_z\sigma_\theta. \quad (24)$$

Relația (24) se aplică acum pentru jumătatea superioară spălată de abur (fig. 1) și pentru jumătatea inferioară spălată de apă sub presiune la saturație. Pentru fiecare din zonele mai sus amintite au fost obținute relațiile:

- sus interior (is)

$$v^2\left[c(t)\frac{\alpha E}{(1-\nu)a}s^2\phi_{fi}\right]^2+$$
$$+v^2\left[-c(\delta t)f(\theta)\frac{\alpha E}{2}\rho cs\frac{\alpha_1-\alpha_2}{\alpha_1\alpha_2}\right]^2-$$
$$-v^2\left[c(t)\frac{\alpha E}{(1-\nu)a}s^2\phi_{fi}c(\delta t)f(\theta)\frac{\alpha E}{2}\rho cs\frac{\alpha_1-\alpha_2}{\alpha_1\alpha_2}\right]+$$
$$+vc(t)\frac{\alpha E}{(1-\nu)a}s^2\phi_{fi}\left[p\frac{1}{\beta^2-1}+c_\theta(p)p\frac{\beta^2+1}{\beta^2-1}+2p\right]-$$
$$-vc(\delta t)f(\theta)\frac{\alpha E}{2}\rho cs\frac{\alpha_1-\alpha_2}{\alpha_1\alpha_2}\left[2p\frac{1}{\beta^2-1}-\right.$$
$$\left.+c_\theta(p)p\frac{\beta^2+1}{\beta^2-1}+p\right]+p^2\left[\left(\frac{1}{\beta^2-1}\right)^2+\left(c_\theta(p)\frac{\beta^2+1}{\beta^2-1}\right)^2+1\right]-$$
$$-p^2\left[\frac{c_\theta(p)}{\beta^2-1}\frac{\beta^2+1}{\beta^2-1}-c_\theta(p)\frac{\beta^2+1}{\beta^2-1}-\frac{1}{\beta^2-1}\right]-\sigma^2_{ech}=0 \quad (25)$$

- sus exterior (es):

$$v^2\left[c(t)\frac{\alpha E}{(1-\nu)a}s^2\phi_{fe}\right]^2+v^2\left[-c(\delta t)f(\theta)\frac{\alpha E}{2}\rho cs\frac{\alpha_1-\alpha_2}{\alpha_1\alpha_2}\right]^2-$$
$$-v^2\left[c(t)\frac{\alpha E}{(1-\nu)a}s^2\phi_{fe}c(\delta t)f(\theta)\frac{\alpha E}{2}\rho cs\frac{\alpha_1-\alpha_2}{\alpha_1\alpha_2}\right]+$$
$$+vc(t)\frac{\alpha E}{(1-\nu)a}s^2\phi_{fe}p\left[\frac{1}{\beta^2-1}+\frac{2c_\theta(p)}{\beta^2-1}\right]+$$
$$+p^2\left[\left(\frac{1}{\beta^2-1}\right)^2+\left(\frac{2c_\theta(p)}{\beta^2-1}\right)^2\right]-c_\theta(p)p^2\left[\frac{1}{\beta^2-1}\frac{2}{\beta^2-1}\right]-\sigma^2ech=0 \quad (26)$$

- jos interior (ij):

$$v^2\left[c(t)\frac{\alpha E}{(1-\nu)a}s^2\phi_{fi}\right]^2 +$$

$$+ v^2\left[c(\delta t)f(\theta)\frac{\alpha E}{2}\rho cs\frac{\alpha_1-\alpha_2}{\alpha_1\alpha_2}\right]^2 +$$

$$+ v^2\left[c(t)\frac{\alpha E}{(1-\nu)a}s^2\phi_{fi}c(\delta t)f(\theta)\frac{\alpha E}{2}\rho cs\frac{\alpha_1-\alpha_2}{\alpha_1\alpha_2}\right] +$$

$$+ vc(t)\frac{\alpha E}{(1-\nu)a}s^2\phi_{fi}p\left[\frac{1}{\beta^2-1}+c_\theta(p)\frac{\beta^2+1}{\beta^2-1}+2\right] +$$

$$+ vc(\delta t)f(\theta)\frac{\alpha E}{2}\rho cs\frac{\alpha_1-\alpha_2}{\alpha_1\alpha_2}p\left[\frac{2}{\beta^2-1}-c_\theta(p)\frac{\beta^2+1}{\beta^2-1}+1\right] +$$

$$+ p^2\left[\left(\frac{1}{\beta^2-1}\right)^2+\left(c_\theta(p)\frac{\beta^2+1}{\beta^2-1}\right)^2+1\right] -$$

$$- p^2\left[\frac{c_\theta(p)}{\beta^2-1}\frac{\beta^2+1}{\beta^2-1}-c_\theta(p)\frac{\beta^2+1}{\beta^2-1}-\frac{1}{\beta^2-1}\right]-\sigma^2_{ech}=0 \qquad (27)$$

- jos exterior (ej)

$$v^2\left[c(t)\frac{\alpha E}{(1-\nu)a}s^2\phi_{fe}\right]^2 + v^2\left[c(\delta t)f(\theta)\frac{\alpha E}{2}\rho cs\frac{\alpha_1-\alpha_2}{\alpha_1\alpha_2}\right]^2 +$$

$$+ v^2\left[c(t)\frac{\alpha E}{(1-\nu)a}s^2\phi_{fe}c(\delta t)f(\theta)\frac{\alpha E}{2}\rho cs\frac{\alpha_1-\alpha_2}{\alpha_1\alpha_2}\right] +$$

$$+ vc(t)\frac{\alpha E}{(1-\nu)a}s^2\phi_{fe}p\left[\frac{1}{\beta^2-1}+\frac{2c_\theta(p)}{\beta^2-1}\right] +$$

$$+ p^2\left[\left(\frac{1}{\beta^2-1}\right)^2+\left(\frac{2c_\theta(p)}{\beta^2-1}\right)^2\right] -$$

$$- c_\theta(p)p^2\frac{2}{(\beta^2-1)^2}-\sigma^2_{ech}=0 \qquad (28)$$

În relațiile (25 - 28) au apărut următorii coeficienți:

$c_\theta(p)$ - coeficient de concentrare a tensiunilor în jurul găurilor datorat presiunii (apare ca urmare a existenței găurilor în manta pentru țevile de la pereții membrană);

$c(t)$ - coeficient de concentrare a tensiunilor în jurul găurilor datorat temperaturii;

$c(\delta\tau)$ - coeficient de concentrare a tensiunilor în jurul găurilor datorat diferenței de temperatură între zona superioară și cea inferioară a tamburului;

$f(\theta)$ - coeficient ce ține seama de distribuția de temperatură pe circumferința tamburului.

4. Soluții analitice

Relațiile dezvoltate la pct. 3. au fost programate în MathCad 5.0 for Windows. Cu ajutorul programului obținut s-au calculat vitezele de încălzire ale tamburului pentru diferite valori ale presiunii de lucru, corespunzătoare temperaturilor de saturație existente. Datorită faptului că pe generatoarea exterioară a tamburului, atât în partea sa superioară, cât și în partea inferioară, temperatura nu este cunoscută, ea depinzând de viteza de încălzire, programul calculează valoarea numerică printr-un proces iterativ.

Pentru calculul mărimilor fizice au fost folosite următoarele relații polinomiale de interpolare, funcție de temperatură:

* modulul lui Young:

$E(t)=(244546{,}7-314{,}8549\ .t+0{,}2982011\ .t^2)$ [MPa];

* conductivitatea termică:

$\lambda(t)=53{,}95842-2{,}5842251\ .10^{-2}.t-2{,}407863\ .10^{-5}.t^2$ [W/(m.K)];

* densitatea oțelului:

$\rho(t)=7883{,}167-0{,}2922668.t-1{,}066654.10^{-4}.t^2$ [kg/m^3];

* limita de curgere convențională, conform STAS 2883/3-88 $R_{0,2}$ pentru tablă de cazan K510

$$\sigma_{0,2}^{K510}(t)=-0{,}0003\cdot t^2-0{,}2486\cdot t+310{,}7143\ [\text{MPa}].$$

Temperatura pentru care relațiile de mai sus sunt valabile este $t \in [20°C, 350°C]$, mai puțin pentru tabla de oțel K510, care are intervalul de valabilitate al relației, $t \in [200°C, 400\ °C]$. Tabelul 1 prezintă temperaturile de saturație corespunzătoare presiunii variabile din tambur (1 MPa =10 bar).

Tabel 1

Temperaturi de saturație în tambur

Presiunea [bar]	1	5	10	30	50	80	100	120
Temperatura de saturație [°C]	100	149,5	178	234	266	299	316	331

* coeficientul de contracție (Poisson) $\nu=0{,}3$;
* coeficientul de dilatare termică liniară $\alpha=12{,}5.\cdot 10^{-6}$ [1/K];
* căldura specifică a oțelului $c_p=679$ [kJ/(kg.K)];
* raza interioară tambur $r_i = 0{,}900$ [m];
* raza exterioară tambur $r_e = 0{,}980$ [m];
* grosimea tamburului $s = 0{,}08$ [m];
* $\beta = 1{,}089$;
* coeficientul de convecție pe suprafața interioară a tamburului în partea sa superioară $\alpha_1 = 20000$ [W/(m^2.K)];

* coeficientul de convecție pe suprafața interioară a tamburului în partea sa inferioară
α_2= 2500 [W/(m^2.K)];
* f(θ) = 0,9 [11,12,13];
* $\sigma_{ech} = \frac{\sigma_{0,2}^{K510}(t)}{1,65}$.

Pentru stabilirea coeficienților de concentrare a tensiunilor au fost folosite diagramele din lucrarea [14], care indică, în funcție de tipul și modul de amplasare a găurilor în peretele tamburului generatorului de abur, valorile acestor coeficienți. În calcul, singurul coeficient acceptat a fost $c_\theta(p)$=1,86, restul fiind egali cu unitatea ($c_\theta(p)$=1,86; c(δt) = c(t) = 1.

Rezultatele obținute în urma simulării numerice sunt prezentate în tabelul 2. Astfel, pentru fiecare din presiunile posibil existente în tambur la pornirea sa, știind temperaturile de saturație s-au calculat, pentru zonele considerate, vitezele de încălzire. Practic, observând relațiile (25 - 28), soluțiile obținute pentru viteze au avut două semne, în discuție fiind luate numai cele pozitive.

Analiza valorilor numerice obținute (vezi tabelul 2 și figura 6) au condus la următoarele observații și concluzii:

- viteza de încălzire este un parametru dat de o zonă bine definită a tamburului, zonă care diferă funcție de presiunea de pornire;

- existența a două zone distincte, separate de presiunea pe care noi am numit-o *de inversare* p_i=73,8 bar; pentru prima parte (0 - 73,8 bar), zona care dictează alegerea vitezei de încălzire este *sus interior,* cu valori 2,47°C/min și 2,58°C/min, iar pentru cea de a doua parte (73,8 - 120 bar) a rezultat zona *jos exterior,* cu valorile cuprinse între 2,58°C/min și 0,91°C/ min;

- s-a obținut o concordanță a rezultatelor analitice cu cele impuse de exploatare și recomandările lucrărilor [11, 12, 13] de maximum 2 °C/min;

Modelul prezentat în lucrare nu conține în structura sa influențele datorate greutății agentului de lucru al tamburului, greutății specifice a oțelului de fabricație a mantalei, racordurilor necesare funcționării tamburului cuplat la întreaga instalație de generator. De aici unele diferențe care apar la valorile numerice calculate și cele impuse [11, 12, 13]. Cu toate acestea, soluția analitică prezentată în lucrare reprezintă un pas necesar în determinarea și optimizarea parametrilor funcționali și constructivi necesari unei exploatări corecte a unui generator cu circulație naturală.

Tabel 2

Viteze de încălzire a tamburului funcție de presiune, în [°C/min]

Presiunea [bar]	1	5	10	30	50	80	100	120
Sus interior	2,47	2,44	2,43	2,48	2,55	2,62	2,61	2,54
Sus exterior	5,6	5,35	5,10	4,30	3,57	2,48	1,73	0,93
Jos interior	2,54	2,51	2,51	2,57	2,66	2,75	2,78	2,73
Jos exterior	5,24	5,02	4,80	4,08	3,41	2,39	1,68	0,91

De asemenea, rezultatele tabelului 2 sunt prezentate și sub formă grafică în figura 6. Valorile cele mai mari ale vitezei de încălzire au fost obținute pentru generatoarele exterioare ale tamburului, sus și jos.

Concluzii

Tamburul pentru care a fost făcută simularea numerică a fost cel al generatorului de 420 t abur/h. Geometria sa, modul de amplasare a găurilor din mantaua cilindrică, au fost preluate din desenul de ansamblu al proiectantului. Pe baza modului de amplasare a găurilor în manta și a diagramelor prezentate în lucrarea [14] a fost ales coeficientul de concentrare a tensiunilor $c_\theta(p)$.

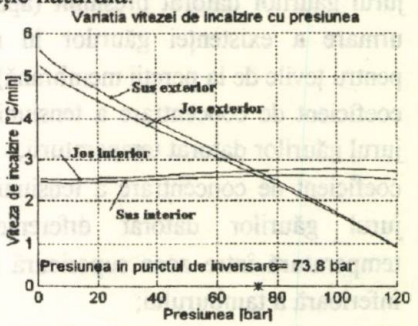


Fig. 6. Variația vitezei de încălzire a tamburului funcție de presiunea agentului de lucru.

BIBLIOGRAFIE

[1] Aldea, M., Antonescu, Gh., ş. a. *Cazane de abur şi recipiente sub presiune, Îndrumător*, ed. III, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1982.

[2] Bia, C. , Ille, V. , Soare, M. V. *Rezistenţa materialelor şi teoria elasticităţii* , Ed. Didactică şi Pedagogică , Bucureşti, 1983.

[3] Buzdugan, Gh. *Rezistenţa materialelor,* Ed. Academiei, Bucureşti 1986.

[4] Cojocia, L. *Analiza cu elemente finite a câmpurilor de temperaturi în subansamble ale generatoarelor de abur,* Refererat doctorat, UPB, 1994.

[5] Neaga, C. *Cazane şi combustibili*, vol. I + II, litografia, U.P.Bucureşti, 1984.

[6] Neaga, C., Epure, Al. *Îndrumar.Calculul termic al generatoarelor de abur*, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1988.

[7] Neaga, C., Brătianu, C.,Cojocia, L. *Studiul numeric al câmpului de temperaturi şi de tensiuni în cazul corpurilor cu pereţi groşi şi subţiri, în regimuri tranzitorii*, In volumul Conf. Naţională de Termotehnică, ed. II, 28-29 mai 1993, pag. 279-282, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1993.

[8] Popa, B., Bătagă, N, Mădărăşan, T., Adameşteanu, F. *Solicitări termice în constructia de maşini* , Ed.Tehnică , Bucureşti, 1978.

[9] Prisecaru, T., Neaga, C., Mihăescu, L., ş.a. *Probleme speciale ale sistemelor vaporizatoare ale generatoarelor de abur*, Ed. Matrix-Rom, Bucureşti 1996.

[10] Ştefănescu, D., Leca, A., Luca, L., Badea, A., Marinescu, M. *Transfer de căldură şi masă. Teorie şi aplicaţii* , Ed.Didactică şi Pedagogică , Bucureşti, 1983.

[11] Tuliakov, G. A., *Termiceskaia ustalost v teploenerghetika,* Moskva, Maşinostroienie, 1978, 199 st.

[12] Parilov,V.A., i dr. *Ispîtanie i naladka parovîh kotlov*, Moskva, Energoatomizdat, 1986, 320 st.

[13] Balaşov, Iu. V., *Rasciot dopustimîh temperaturnîh gradientov v barabanah parovîh kotlov vîskcogo davleniia.* In: Elektriceskiie stanţii, Nr.9/1972, st. 26-28.

[14] *** *Manualul inginerului mecanic. Materiale, Rezistenţa materialelor, Stabilitate elastică, Vibraţii,* Ed. Tehnică, Bucureşti 1974

Referent: ing. Mihaela Popescu - GSCI , Centrul de Cercetare

(Primit la 19 februarie 1997, acceptat la 21 mai 1997)

EVALUAREA MODIFICĂRILOR CARACTERISTICILOR DE MATERIAL ÎN VEDEREA DETERMINĂRII DURATEI DE VIAŢĂ PENTRU OŢELURILE SLAB ALIATE CrMoV, UTILIZATE LA CONFECŢIONAREA CONDUCTELOR DE ABUR

ing. LIANA TURCU*

Lucrarea prezintă o sistematizare a rezultatelor obţinute începând cu anul 1973 pe probe prelevate din conducte de abur confecţionate din oţeluri slab aliate cu CrMo şi V.

Sunt descrise modificările în timp, în condiţii de fluaj, ale diferitelor caracteristici de material: structura , compoziţia fazelor, limita de curgere, rezistenţa la rupere, alungirea, gâtuirea, rezilienţa, rezistenţa de durată şi sunt prezentate curbele de variaţie, respectiv banda de dispersie a acestor caracteristici, cu timpul de utilizare.

Evaluarea acestor modificări a permis stabilirea atât a comportării şi stabilităţii acestor oţeluri, cât şi a caracteristicilor de material care se modifică în timp şi care, prin determinări experimentale, pot servi la determinarea duratei restante de viaţă.

The article presents a systematization of the results obtained since 1973 on samples taken from the steam pipes made of low-alloy CrMo and V steel.

The modifications of the material characteristics in the course of time, namely: the structure, phases composition flow limit, resistance to breaking, elongation, contraction, resilience, endurance are described, as well as the variation curves, the dispersion band of these characteristics, respectively, with the usage time.

The assessment of these modifications enables bolt the establishment of the steels behaviour and stability, and of the materials characteristics that undergo modifications in time which, through experimental determinations can establish the remaining lifetime.

Descriptori: durată de viaţă, oţeluri slab aliate, conducte aferente grupurilor

Consideraţii teoretice

Oţelurile utilizate frecvent în SEN la confecţionarea conductelor de abur sunt oţeluri slab aliate cu CrMoV. Analizele de material efectuate, începând cu anul 1973, pe probe prelevate din aceste conducte, atât în stare iniţială (material nou), cât şi după diferite perioade de utilizare, în condiţii reale de tensiune R şi temperatură T, au fost utilizate la elaborarea lucrării de faţă. Lucrarea prezintă stabilirea variaţiei diferitelor caracteristici ale materialelor în timpul funcţionării de lungă durată, până aproape de 200 mii ore, urmărindu-se forma posibilă de evoluţie a proprietăţilor materialelor în cursul fluajului, pentru a vedea stabilitatea acestora şi a identifica caracteristicile ce se modifică în timp şi care pot servi la determinarea duratei de viaţă restantă prin metode experimentale.

Interesul de a dispune de o metodă de evaluare rapidă şi cu precizie suficientă a duratei de viaţă restante a elementelor solicitate la fluaj este evident.

Pentru ca o caracteristică a materialului să poată contribui la soluţionarea problemei, ea trebuie să satisfacă mai multe criterii:

✓ caracteristica să poată fi determinată într-un timp scurt;

✓ valoarea măsurată să fie evolutivă cu durata de serviciu, urmărind o funcţie de forma $M = f(t)$;

✓ aceasta trebuie să prezinte la sfârşitul duratei de viaţă prin rupere o valoare Mr reproductibilă constant pentru aceeaşi marcă de oţel în condiţii de serviciu definite;

✓ diferenţa între valorile limită ale lui M pentru $t=0$ (material nou) şi $t=t_f$ (material în punctul de rupere) să fie suficient de mare în raport cu dispersia măsurată, pentru a putea situa stadiile intermediare $M_i = f(t_i)$ cu o bună aproximaţie;

* Grupul de Studii Cercetare şi Inginerie - GSCI, RENEL

✓ este avantajos ca funcţia $M = f(t)$ să fie liniară, apropierea ruperii să nu corespundă unei evoluţii asimptotice sau brutale (fig.1).

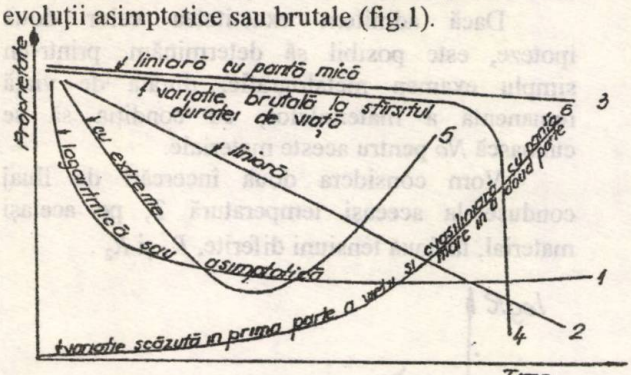


Fig.1. Exemple de forme posibile de evoluţie a proprietăţilor unui material în cursul fluajului.

Formele 1 şi 4 sunt cele mai frecvente.
Formele 2 şi 6 sunt cele mai favorabile.

1. Modificări în timp ale structurii şi compoziţiei fazice pentru materialul conductelor de abur

Compoziţia chimică a materialului supus analizelor a corespuns, în toate cazurile, mărcii de oţel. În tabelul 1 este prezentată compoziţia chimică pentru oţelurile investigate, conform normelor date de furnizori.

Diagrama de difracţie a fost obţinută cu ajutorul unui difractometru de raze X DRON 3, folosind radiaţia Mok filtrată şi monocromatizată.

Prezenţa unei faze cristaline într-o probă este certă dacă se identifică cel puţin trei maxime de difracţie. După numărul maximelor de difracţie identificate pentru o probă şi după valoarea intensităţii creşterii, s-a făcut o apreciere semicantitativă a compuşilor cristalini.

Din analiza datelor experimentale obţinute se constată următoarele:

- În stare neutilizată, pe probe sunt prezenţi compuşi cristalini de tipul M_3C şi VC.
- Tipurile de carburi determinate pe materialul utilizat sunt: M_3C , VC, M_7C_3, $M_{23}C_6$, Mo_2C, unde:

M = Fe, Cr, Mo.

În medie, distribuţia ponderată a lor este: 7 % M_3C ; 20 % VC; 16 % M_7C_3; 34 % $M_{23}C_6$; 17 % $Cr_{23}C_6$ şi 6 % MoC.

- În urma folosirii îndelungate a oţelului 12H1MF, carbura de tip VC nu suferă modificări calitative şi cantitative, pe când carbura de tip M_3C se descompune în compuşi cristalini de tipul $M_{23}C_6$, M_7C_3 . De asemenea, apare carbura de tip Mo_2C .

Tabelul 1

Marcă de oţel/normă	Elemente de aliniere [%]									
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	V
12H1MF	0,08	0,17	0,40	max.	max.	max.	0,90	max.	0,25	0,15
GOST 20072/74	0,15	0,37	0,70	0,03	0,025	0,30	1,20	0,20	0,35	0,30
15H1M1F	0,10	0,17	0,40	max.	max.	max.	1,10	max.,	0,90	0,20
GOST 10801/64	0,16	0,37	0,70	0,03	0,035	0,25	1,40	0,20	1,10	0,35
15123	0,09	0,15	0,45	max.	max.	-	0,50	-	0,40	0,20
CSN 415123	0,17	0,40	0,70	0,04	0,04		0,75		0,60	0,35
15128	0,10	0,15	0,45	max.	max.	-	0,50	-	0,40	0,22
CSN 415128	0,18	0,40	0,70	0,04	0,04		0,75		0,60	0,35
15225	0,10	0,25	0,40	max.	max.	-	0,40	-	0,80	0,20
CSN 415225	0,17	0,50	0,70	0,04	0,04		0,65		1,00	0,35

În ceea ce priveşte modificările structurale ale oţelurilor prin acţiunea fluajului, menţionăm evoluţia carburilor şi apariţia microporilor la limita grăunţilor, fie prin efectul alunecării, fie prin difuzie.

Printr-o analiză mai amănunţită a materialelor utilizate la fluaj s-au determinat compuşii cristalini prin difracţie cu raze X pe fracţiuni de carburi extrase din probe din oţel 12H1MF cu diferite durate de utilizare.

- Cantitatea de carbură de tipul M_3C şi Mo_2C poate reprezenta un criteriu de apreciere a gradului de deteriorare în timp a materialului.
- Sub acţiunea combinată a tensiunii şi temperaturii, precipitatele pot pierde coerenţa lor, se pot mări, prin coalescenţă, sau dizolva, ceea ce demonstrează că materialele reacţionează diferit la solicitări.

Este, deci, important să se urmărească la microscopul electronic toate schimbările de

configuraţie care se produc în oţeluri, fără a pierde din vedere că starea structurală singură nu permite estimarea duratei de viaţă restantă. Prin urmare, aceasta depinde, pentru aceeaşi stare, de tensiune şi de temperatură, iar structura nu poate răspunde decât în mod excepţional criteriilor cerute pentru mărimea M.

În oţelurile supuse fluajului se formează progresiv micropori la limita grăunţilor. În general, se observă mai întâi apariţia de pori izolaţi, pe urmă de pori care se unesc şi cresc.

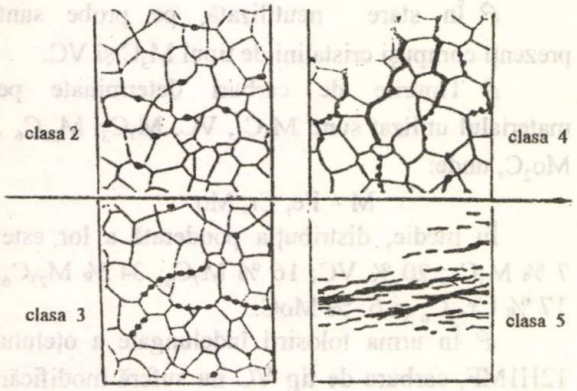


Fig. 2.

Porii individuali au dimensiuni între 0,5 şi 5 μm. Aceste dimensiuni sunt puţin influenţate de tensiune. Din contră, porii cresc cu timpul şi mai ales cu temperatura.

Creşterea porilor se produce prin alunecarea limitelor de grăunţi. În acest caz volumul unui por este proporţional cu timpul:

$$V = kt. \qquad (1)$$

În cazul în care creşterea se produce prin difuzia golurilor, volumul unui por va fi:

$$V = k' t^{3/2}. \qquad (2)$$

Celor două variante de creştere a dimensiunilor porilor le corespund două ipoteze.

✓ *Prima ipoteză*

În încercările de fluaj efectuate la aceeaşi temperatură, pe acelaşi material, la tensiuni diferite, întrerupte după aceeaşi durată, numărul N de pori pe mm^2 variază cu pătratul tensiunii, după următoarea lege:

$$N = cR^2 \qquad (c = ct.) \qquad (3)$$

✓ *A doua ipoteză*

Într-un material apropiat de rupere numărul porilor pe mm^2 va fi acelaşi, indiferent de temperatura şi tensiunea care produce ruperea. Această valoare critică a numărului de pori pe mm^2 se notează cu *No*.

Dacă admitem exactitatea celor două ipoteze, este posibil să determinăm, printr-un simplu examen metalografic, durata de viaţă remanentă a materialelor, cu condiţia să se cunoască *No* pentru aceste materiale.

Vom considera două încercări de fluaj conduse la aceeaşi temperatură T, pe acelaşi material, la două tensiuni diferite, R_1 şi R_2.

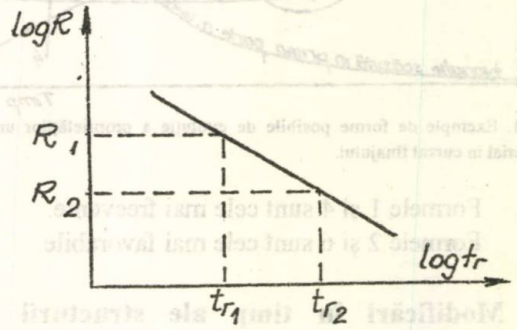


Fig. 3. Diagrama de fluaj a materialului considerat la temperatura T (t_r - durata de rupere).

La timpul tr_1, epruveta 1, supusă la tensiunea R_1, se rupe. În acest moment, după ipoteza 1, numărul de pori pe mm^2 în această epruvetă este:

$$N_1 = aR_1^2. \qquad (4)$$

În acelaşi moment tr_1, numărul de pori pe mm^2 în epruveta 2 supusă la tensiunea R_{r2} este, conform aceleiaşi ipoteze,

$$N_2 = aR_2^2 = aR_1^2\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 = N_1\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 \qquad (5)$$

Cum epruveta 1 este ruptă, conform ipotezei 2, $N_1 = N_0$.

Deci:

$$N_2 = N_0\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2. \qquad (6)$$

Din curba de fluaj se poate transforma raportul $\frac{R_2}{R_1}$ în raportul

$$\frac{f(\text{durata de viaţă consumată})}{f(\text{durata de viaţă totală})},$$

unde f este o funcţie care depinde de forma curbei de fluaj.

De exemplu, se poate considera că, în coordonate log tr - log R, diagrama de fluaj pentru

temperatura T între 10^4 şi 10^5 ore, poate fi reprezentată prin ecuaţia:

$$\log R = \log b - c \log tr, \qquad (7)$$

fie

$$R = \frac{b}{tr \cdot c} \qquad (8)$$

şi

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{tr_1}{tr_2}\right)^{2C} \qquad (9)$$

Pentru epruveta 2, tr_2 este la durata de rupere tf, iar tr_1 o durată de viaţă oarecare t, la care corespunde un număr de pori N daţi de:

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{t}{tf}\right)^{2C}, \qquad (10)$$

în care:

$\frac{N}{N_0}$ este raportul numărului de pori la momentul t pe numărul de pori critic;

$\frac{t}{tf}$ - raportul dintre viaţa consumată şi viaţa totală;

C - panta diagramei de fluaj în coordonatele log tr, log R, la temperatura considerată.

Deci, dacă se va cunoaşte numărul N_0 de pori corespunzător sfârşitului duratei de viaţă, se va putea determina, pentru un moment dat, durata de viaţă a unei conducte supuse la fluaj, respectiv stadiul ei de distrugere, definit ca fiind raportul dintre viaţa totală şi viaţa restantă, în % din viaţa totală.

2. Modificări în timp ale caracteristicilor mecanice de rezistenţă şi plasticitate pentru materialul conductelor de abur

Cercetările experimentale efectuate pe materialul diferitelor conducte de abur au avut în vedere modificările privind caracteristicile mecanice de rezistenţă, respectiv rezistenţa la rupere, limita de curgere, precum şi caracteristicile de plasticitate, respectiv alungirea şi gâtuirea apărute în material. Ca urmare, s-a efectuat o analiză privind interdependenţa dintre aceste caracteristici ale oţelurilor conductelor de abur care au funcţionat în centralele electrice şi numărul de ore de funcţionare.

Pe baza rezultatelor experimentale obţinute s-a reprezentat grafic distribuţia valorilor R_m şi $Rp_{0.2}$, A_5 şi Z, în funcţie de durata de funcţionare a materialelor, pentru încercări efectuate la temperatura de 20° C (fig.4 *a*), respectiv la temperatura de 540° C (fig.4 *b*).

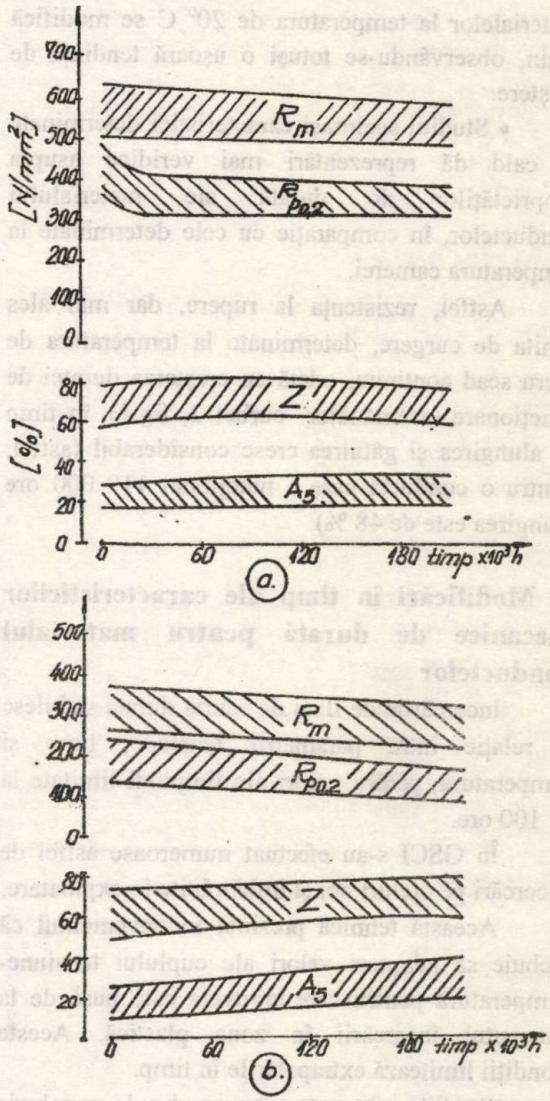


Fig. 4. Cinetica modificării proprietăţilor mecanice de scurtă durată în funcţie de durata de utilizare: a - la temperatura camerei; b - la temperatura de 540 ° C.

Analizând distribuţia acestor valori experimentale se pot trage următoarele concluzii:

• În ceea ce priveşte caracteristicile de rezistenţă R_m şi $Rp_{0.2}$, determinate la temperatura camerei, se constată o scădere a acestora în perioada iniţială de exploatare, după care urmează o stagnare a valorilor pentru perioade mari de funcţionare, în apropierea ruperii aceste valori scăzând brusc (asemănător curbei 4, fig.1). De aceea, aceste proprietăţi de tracţiune sunt puţin

utilizabile. Totodată, deoarece ele constituie criterii tradiţionale de calificare a stării de livrare a oţelurilor, vor fi în continuare determinate.

• Caracteristicile de plasticitate ale materialelor la temperatura de 20° C se modifică puţin, observându-se totuşi o uşoară tendinţă de creştere.

• Studiul aceloraşi caracteristici determinate la cald dă reprezentări mai veridice asupra proprietăţilor de durată ale materialului conductelor, în comparaţie cu cele determinate la temperatura camerei.

Astfel, rezistenţa la rupere, dar mai ales limita de curgere, determinate la temperatura de lucru scad continuu, odată cu creşterea duratei de funcţionare (asemănător curbei 2, fig.1), în timp ce alungirea şi gâtuirea cresc considerabil (astfel, pentru o conductă care a funcţionat 119 000 ore alungirea este de 48 %).

3. Modificări în timp ale caracteristicilor mecanice de durată pentru materialul conductelor

Incercările de fluaj de scurtă durată stabilesc o relaţie între parametrii tensiune, timp şi temperatură, pentru valori ale timpului limitate la ± 100 ore.

În GSCI s-au efectuat numeroase astfel de încercări pe oţeluri noi şi îmbătrânite în exploatare.

Această tehnică prezintă inconvenientul că trebuie să adaptezi valori ale cuplului tensiune-temperatură pentru care epruveta este pusă de la începutul încercării în zona plastică. Aceste condiţii limitează extrapolările în timp.

Studiile efectuate n-au condus la concluzia definitivă că încercările de fluaj de scurtă durată permit sau nu aprecierea duratei de viaţă restante a materialelor înainte ca acestea să fie utilizate în exploatare cel puţin 50 % din viaţa reală.

Deci caracterizarea stării unui material prin fluajul rapid se loveşte de o serie de inconveniente: evoluţia întârziată a comportamentului (curba 4, fig.1), necesitatea încercărilor prealabile care să permită alegerea corespunzătoare a tensiunii şi temperaturii de încercare, dificultatea stabilirii unei relaţii cantitative între aceste valori şi durata de viaţă restantă.

Încercările de fluaj de lungă durată constau în a supune epruvete din oţelul studiat la fluaj, în aceleaşi condiţii pe care acesta le are în funcţionare şi a măsura direct durata de viaţă.

Această metodă pare să prezinte cele mai bune garanţii de exactitate pentru stabilirea duratei restante de viaţă. Diferenţele se pot atribui nerespectării în laborator a solicitărilor din serviciu.

Reprezentarea valorilor obţinute prin această metodă arată că rezistenţa tehnică a conductelor în funcţie de timpul lor de utilizare (fig.5) scade continuu, odată cu creşterea duratei de utilizare (curba 2, fig.1).

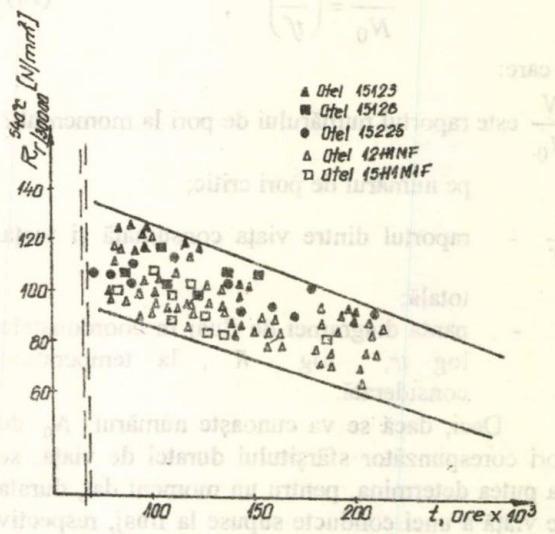


Fig. 5. Cinetica modificărilor rezistenţei tehnice de durată în funcţie de durata exploatării.

4. Modificarea în timp a tenacităţii materialului conductelor de abur

Aşa cum recomandă reglementările în vigoare, pentru aprecierea tenacităţii materialelor s-au efectuat încercări de încovoiere prin şoc, utilizând epruvete cu crestătură în U (KCU_2), debitate din pereţii conductelor. Incercările s-au făcut atât la temperatura camerei, cât şi la temperatura de 540° C (de lucru a conductelor).

Pe baza rezultatelor experimentale obţinute s-a reprezentat grafic distribuţia valorilor KCU_2 în funcţie de durata de funcţionare a materialelor, pentru încercări la temperatura de 20 ° C (fig.6.*a*), respectiv la temperaturi de 540 ° C (fig.6. *b*) pentru diferite mărci de oţeluri.

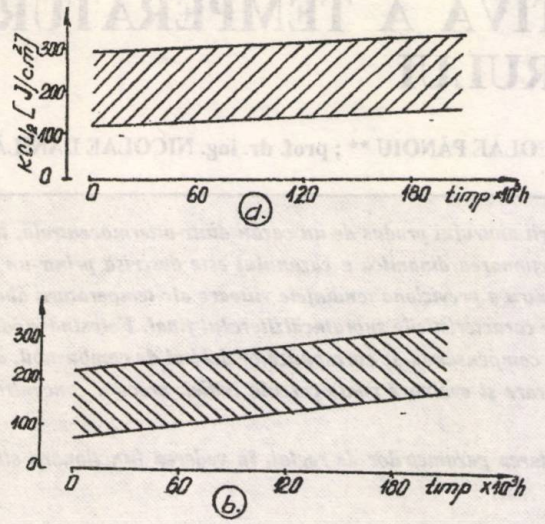


Fig. 6. Distribuţia valorilor rezilienţei KCU_2 [J/cm^2] pentru diferite durate de utilizare: a - la temperatura camerei; b - la temperatura de 540°C.

Analizând distribuţia acestor mărimi, se poate constata, în general, o tendinţă de creştere a caracteristicilor de rezilienţă cu durata de utilizare a materialului, aceasta fiind mai accentuată pentru încercările făcute la temperatura de 540° C . Pentru durate mari de utilizare, valorile rezilienţei scad brusc.

În principal, rezultatele sunt determinate de stimularea migrării marginilor granulelor ce se produc în structura materialelor utilizate timp îndelungat la temperatură, fapt ce conduce la relaxarea tensiunilor pe marginile acestor granule. Acest lucru reduce, de regulă, tendinţa de apariţie a nucleelor intergranulare de distrugere şi deci măreşte rezistenţa materialelor la iniţierea unei fisuri. Scăderea valorilor rezilienţei pentru durate foarte mari de funcţionare se explică prin apariţia în structura materialului a microporilor şi microfisurilor de fluaj la îmbinările de grăunţi, care reduc tenacitatea materialului.

Măsurarea rezilienţei răspunde deci la câteva criterii, şi anume: execuţie rapidă, caracter evolutiv. Din contră, marginea de variaţie nu este prea largă şi alura curbei este puternic asimptotică.

Constatări. Comentarii. Concluzii

♦ Structurile materialelor analizate au suferit modificări în compoziţia fazelor, constând în creşterea conţinutului de Mo_2C, scăderea conţinutului de Fe_3C şi apariţia de carburi complexe. Determinarea conţinutului de carbură tip Mo_2C şi Fe_3C poate constitui un criteriu în aprecierea stării de degradare a materialelor.

♦ Caracteristicile de plasticitate ale materialelor la temperatura de + 20° C se modifică puţin, observându-se o uşoară tendinţă de creştere. Studiul aceloraşi caracteristici la temperatura de lucru arată o creştere continuă a caracteristicilor de plasticitate pe durate de utilizare.

♦ În ceea ce priveşte caracteristicile de rezistenţă R_m şi Rp_{02} determinate la temperatura de + 20° C se constată o scădere a acestora în perioada iniţială de utilizare (până la 30 000 ore), după care urmează o stagnare a valorilor pe perioade lungi de utilizare (până la 200 000 ore). La temperatura de lucru (+ 540° C), rezistenţa la rupere şi, mai ales, limita de curgere scad continuu în timp, odată cu creşterea duratei de funcţionare, astfel că studiul acestor caracteristici la cald permite reprezentări mai apropiate de variaţia rezistenţei tehnice de durată a materialelor (care, de asemenea, scade continuu în timp).

♦ Din punctul de vedere al rezistenţei la şoc, se constată, pentru materialele analizate, că aceasta are tendinţa de creştere cu durata de utilizare. La durate mari de utilizare (peste 200 000 ore), această caracteristică scade puternic, datorită apariţiei în materiale a microporilor şi microfisurilor de fluaj.

♦ Analizând alura curbelor ce caracterizează evoluţia în timp a diferitelor proprietăţi ale materialelor, se constată că pentru aprecierea duratei restante de viaţă a materialelor pot fi urmărite:

- modificările în structura materialelor prin identificarea defectelor de compactitate, ca micropori şi microfisuri de fluaj;
- variaţia rezistenţei la rupere şi, în special, a limitei de curgere la temperatura de lucru;
- variaţia în timp a rezistenţei de durată a materialelor.

Celelalte caracteristici ale materialelor, cum ar fi : rezistenţa şi limita de curgere la rece, alungirea, gâtuirea şi rezilienţa, determină starea materialelor, dar nu pot fi folosite pentru aprecierea duratei de viaţă restantă, deoarece au o evoluţie lentă în timp până la apropierea ruperii prin fluaj a materialului, când îşi schimbă brusc panta.

Referent: ing. Radu Opincaru - GPEET

(Primit la 13 ianuarie 1997, acceptat la 7 aprilie 1997)

REGLAREA ADAPTIVĂ A TEMPERATURII ABURULUI

ş.l. ing. GHEORGHE LĂZĂROIU *; prof. dr. ing. NICOLAE PĂNOIU ** ; prof. dr. ing. NICOLAE DĂNILĂ *

Lucrarea prezintă o metodă de control al temperaturii aburului produs de un cazan dintr-o termocentrală, inclusă în sistemul de conducere prin calculator a centralei. Funcţionarea dinamică a cazanului este descrisă printr-un model dinamic de proces, în care este inclus un filtru Kalman, pentru a previziona tendinţele viitoare ale temperaturii aburului, în condiţia în care aceasta este influenţată preponderent de caracteristicile supraîncălzitorului final. Folosind modelul se apreciază modificările ulterioare ale temperaturii aburului, compensându-se corespunzător debitul de combustibil, a cărui combustie este monitorată şi evaluată. Sistemul de monitorare şi evaluare poate calcula indici, precum concentraţia de NO_x, de CO, eficienţa termică.

Modelul poate fi folosit, de asemenea, pentru ajustarea parametrilor de reglaj, în vederea funcţionării stabile a sistemului.

The article presents a method for the control of the thermal power plants boiler steam temperature, used in the automatic control of the plant. The boiler fynamic operation is described through a dynamic process model, including a Kalman filter to forecast the steam temperature variations, knowing that the latter is mainly influenced by the end superheator characteristics. The model enables the assessment of the subsequemt changes in the steam temperature in order to compensate the fuel flow whose combustion is monitores and assessed.

The monoyoring and assessment system may compute indices such as NO_x , CO concentration, and thermal efficiency.

The model may be abso used in the adjustment of the control parameters in order to obtain the stable operation of the system.

Descriptori: sistem informatic de control temperatură abur, model dinamic, sistem monitorare combustie

Introducere

Intrarea în funcţiune a centralei nuclearoelectrice CNE Cernavodă, precum şi dezechilibrul tot mai accentuat între consumul de zi şi cel de noapte, conduce la necesitatea ca la un număr de centrale termoelectrice pe cărbune să se utilizeze operaţii ciclice ca pornirea-oprirea zilnică şi posibilitatea de încărcare rapidă [1].

Orice sistem de control al unui cazan trebuie să ia în considerare trei factori: 1) *randamentul termic*; 2) *siguranţa cazanului*; 3) *impurificarea gazelor*. În condiţii normale de funcţionare, în bilanţul optim al cazanului sunt importanţi toţi cei trei factori [2]. In condiţii anormale, ca de exemplu atunci când temperatura metalului depăşeşte limita superioară, măsurătorile rapide şi sigure trebuie să facă din aceasta cel mai important lucru, sacrificând ceilalţi doi factori. Când există o largă posibilitate de formare a oxidantului, în special vara, reducerea NO_x este prima măsură ce trebuie urmărită, în paralel cu menţinerea unui randament cât mai ridicat. În prezent aceste proceduri sunt realizate prin experienţa operatorilor.

Acest articol propune un sistem informatic care să realizeze monitorizarea arderii şi evaluarea cu minicalculator a sistemului pentru cazane mari, astfel încât controlul general al cazanului să fie făcut mai efectiv în scurt timp. Pentru controlul temperaturii aburului este dezvoltat un sistem informatic bazat pe microprocesor, care foloseşte algoritmi adaptivi şi de previziune.

* Facultatea de Energetică, UPB
** Universitatea "Constantin Brâncuşi", Târgu-Jiu

2. Funcţiile sistemului de monitorare şi evaluare

În scopul conducerii centralelor termoelectrice sigure şi cu eficienţă ridicată este necesar să se analizeze condiţiile de ardere din focarul cazanului. Pentru a răspunde cerinţelor de protecţie a mediului este important să se monitorizeze continuu concentraţiile de noxe, precum NO_x, CO şi cenuşă, ce poate fi făcută prin utilizarea unui analizor optic de gaze, cu absorbţie în infraroşu; poate fi din seria FGA 950E, produs de firma Land Combustion Ltd.-Anglia [3]. Strălucirea flăcării se poate urmări cu un fotodetector echipat cu fibre optice şi fototranzistor cu Si. Pentru controlul coroziunii se măsoară concentraţia de H_2O.

Evaluarea celor trei factori, enumeraţi mai sus, necesită măsurarea continuă a următoarelor mărimi [4,7], (vezi fig. 1):

- pentru *impurificarea gazelor:* concentraţiile de oxizi de azot, NO_x, oxid de carbon, CO, şi opacitatea gazelor, OP, (pentru cenuşă), la ieşirea din PAR;

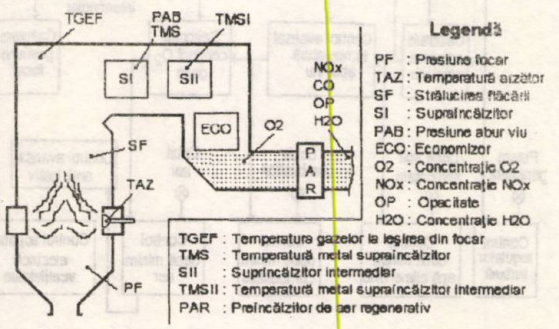


Fig.1. Schema punctelor de măsură la un cazan.

- pentru *siguranţă:* temperatura metalului la supraîncălzitor, TMS, temperatura metalului la supraîncălzitorul intermediar, TMSI, temperatura gazelor la ieşirea din focar, TGEF, temperatura în arzător, TAZ, presiunea din focar, PF, strălucirea flăcării, SF, concentraţia de vapori de apă din gaze, H_2O;
- pentru *randamentul termic:* concentraţia de oxigen, O_2, la ieşirea din economizor, presiunea aburului viu, PA.

Pe baza măsurătorilor se monitorează următoarele mărimi:

- pentru *controlul poluării:* mărimile măsurate privind impurificarea gazelor, şi anume: 1) concentraţia de NO_x; 2) concentraţia de CO; 3) opacitatea OP;
- pentru *siguranţă*: 1) deviaţia faţă de valoarea maximă admisă a temperaturii metalului, TML, obţinută prin medierea valorilor temperaturii metalului supraîncălzitorului, TMS, (obţinută în cinci puncte) şi supraîncălzitorului intermediar, TMSI, (cinci puncte); 2) deviaţia temperaturii maxime în arzător, TMAZ, prin măsurarea temperaturii din arzător, TAZ, şi compararea cu valoarea limită de 1100°C; 3) temperatura gazelor la ieşirea din focar, TGEF, pentru a nu distruge supraîncălzitoarele prin tensiuni termice; 4) presiunea din focar, PF, care indică eventuale înfundări pe traseul gazelor; 5) strălucirea flăcării, SF, măsurată cu un detector instalat la mijlocul înălţimii focarului, permite estimarea condiţiilor de ardere prin lungimea flăcării; 6) concentraţia de H_2O permite detectarea scăpărilor de abur, deci a spargerii unor ţevi;
- pentru *eficienţă* : 1) concentraţia de oxigen la ieşirea din economizor, O_2, prin măsurare directă, care permite estimarea corectitudinii arderii şi evaluarea randamentului; 2) deviaţia presiunii măsurate a aburului viu, PAB, faţă de valoarea medie, PMAB, care permite detectarea din fază incipientă a unor anomalii în funcţionare; 3) randamentul termic brut, ETAB, pe baza bilanţului direct.

3. Problema controlului pentru reglarea temperaturii aburului

Reglarea temperaturii aburului viu în perioada de variaţie a sarcinii şi în special de pornire-oprire, este una dintre cele mai dificile probleme cu care se confruntă cazanele energetice, şi cu deosebire cele pe cărbune cu străbatere forţată.

Particularităţile cazanelor energetice pe cărbune cu străbatere forţată, la care trebuie să facă faţă controlul temperaturii aburului *, sunt:

1) Fluidul interior, apă şi abur, variază în limite largi la pornire şi în timpul exploatării. Caracteristicile de răspuns dinamic (ca, de exemplu, constantele de timp, de amplificare) ale

---

* Lăzăroiu, Gh., Pănoiu, N. *Sistem informatic pentru controlul temperaturii aburului produs de cazan,* lucrarea 15, secţia III, Simpozionul de informatică în energetică, SIE'96, Suceava 23-24 mai 1996.

Lăzăroiu, Gh., Dănilă N. *Controlul temperaturii aburului produs de cazan.* A XXIII- Conferinţă pe ţară de termoenergetică şi termoficare, lucrarea I.11., Poiana Braşov 4-6 dec. 1996.

temperaturii aburului variază funcţie de debitul de combustibil, care la rândul său variază în limite foarte largi. De exemplu, atât constantele de timp, cât şi de amplificare se schimbă de peste 10 ori la pornire.

1) În cazul centralelor ce ard cărbune şi folosesc procesul de ardere în stare pulverizată în sistemul de control al temperaturii aburului, timpul de întârziere a variaţiei temperaturii aburului faţă de debitul de combustibil este mult mai lung, comparativ cu instalaţiile ce ard păcură sau gaze. De aceea, controlul corect al temperaturii aburului este foarte dificil la schimbările rapide de sarcină şi operaţiuni rapide de pornire-oprire.

2) Morile de cărbune sunt oprite şi pornite în timpul pornirii sau opririi cazanului, ca şi la variaţia sarcinii. Pornirea şi oprirea morilor apare la variaţia în treaptă a debitului de combustibil şi cauzează o mare perturbaţie în controlul temperaturii aburului.

3) Puterea calorifică a cărbunelui, care nu poate fi măsurată continuu, on-line, variază în limite largi, funcţie de sursa minieră, timp etc. Acest fapt face dificil controlul cu acurateţe al căldurii intrate în cazan.

Schema tipică a controlului temperaturii aburului produs de un cazan cu străbatere forţată este prezentată în figura 2.

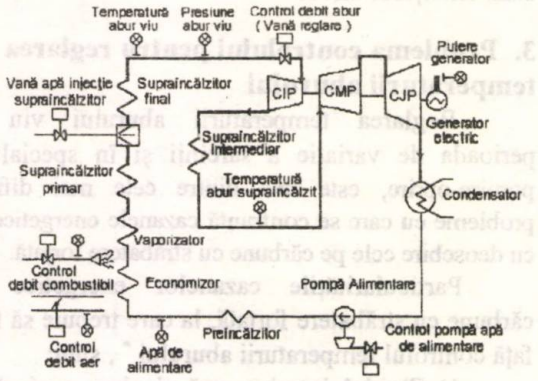


Fig. 2. Schema tipică a controlului temperaturii aburului.

4. Conceptul sistemului de control al temperaturii aburului

Obiectivul articolului este să dezvolte o metodă de control robust, care să compenseze variaţiile puterii calorifice inferioare, amplificările procesului, constantele de timp etc. Conceptele de bază adoptate pentru sistemul de control al temperaturii sunt:

1) să se prevadă tendinţele viitoare ale temperaturii în scopul de a compensa întârzierile mari din proces;

2) să identifice dinamicile procesului pentru funcţionarea instalaţiei în bază de timp real şi să adapteze în consecinţă parametrii controlului;

3) să adauge la cele două funcţii de mai sus ale controlului convenţional un sistem în scopul facilitării înţelegerii algoritmului logic şi să permită o funcţionare continuată printr-o corecţie manuală, chiar dacă sistemul de control greşeşte.

Arhitectura sistemului de control dezvoltat este similară cu cea a sistemelor de control convenţionale pentru cazanele cu străbatere forţată, cu excepţia faptului că apare în plus funcţia de predicţie a temperaturii aburului viu şi parametrii de control ai funcţiei adaptive.

Diagrama schematică a sistemului de control adoptat, bazat pe considerentele de mai sus, este prezentată în figura 3.

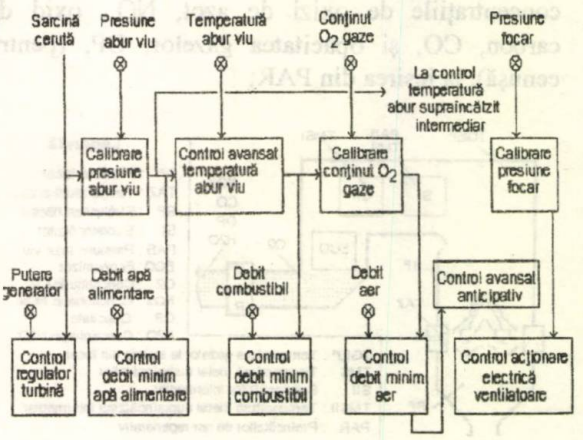


Fig. 3. Factorii de care depinde temperatura aburului.

5. Metoda predicţiei temperaturii aburului

Sistemul de control avansat foloseşte modelul dinamicii procesului pentru predicţia tendinţei viitoare a temperaturii aburului, cu condiţia ca variabilele manipulate să fie menţinute fixe. Funcţiile de control avansat ale temperaturii aburului sunt redate în figura 4. Deoarece temperatura aburului viu este afectată, în principal, de caracteristicile supraîncălzitorului final, sistemul de control aproximează aceste caracteristici ca parametru al modelului folosit în buclă de reacţie.

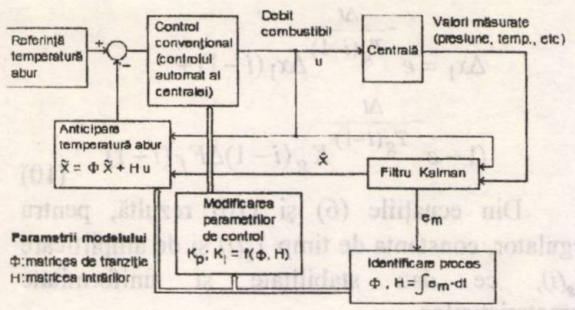


Fig. 4 . Sistemul de control avansat al temperaturii aburului.

Temperatura aburului viu şi a ţevilor supraîncălzitorului final se obţine din ecuaţia de conservare a energiei, care poate fi pusă sub forma:

$$\frac{dx}{dt} = Ax + Bu \ ,$$

unde:

x este matricea coloană a temperaturilor aburului şi metalului tevilor;

u - matricea linie a temperaturii pe supraîncălzitorul final şi a temperaturii gazelor; A şi B sunt matrici pătrate 2x2 cu coeficienţi.

Ecuaţia de mai sus poate fi pusă sub forma:

$$x(i) = \Phi(i-1)\, x\,(i-1) + H(i-1)\, u(i-1) \qquad (1)$$

unde:

Φ este matricea de tranziţie;

H - matricea intrărilor.

Pe de altă parte, temperatura gazelor la intrarea în supraîncălzitorul final poate fi reprezentată prin relaţia :

$$\Delta u_2 = \frac{1}{c_{pg} D_g}\left(H_i^i - K_1 K_2 D_g^{K_2 - 1}\right)\Delta D_a \ , \qquad (2)$$

unde:

c_{pg} - căldura specifică a gazelor, la presiune constantă $\left[\text{kJ}/\text{m}^{3*}\text{K}\right]$;

D_g - debitul de gaze $\left[\text{m}^{3*}/\text{s}\right]$;

H_i^i - puterea calorifică inferioară $\left[\text{kJ}/\text{kg}\right]$;

D_a - debitul de abur; K_1 , K_2 - constante $\left[\text{kg}/\text{s}\right]$.

Ecuaţia dinamică a procesului, pe baza datelor măsurate direct este:

$$y(i) = C(i)\, x\,(i) + W(i) \ . \qquad (3)$$

* m^3 - în condiţii normale de presiune şi temperatrură

Filtrul Kalman [5], care este utilizat pentru a estima cea mai probabilă valoare de stare stabilă, având la bază prin ecuaţia procesului dinamic (1) şi ecuaţia datelor măsurate din proces (3), este reprezentat prin ecuaţia:

$$\hat{X} = \tilde{X}(i) + P(i)\, C'(i)\, W^{-1}(i)\left\{y(i) - \left(C(i)\,\tilde{X}(i) + W(i)\right)\right\} \qquad (4)$$

unde:

$$\tilde{X} = \phi(i-1)\,\hat{X}(i-1) + H(i-1)u(i-1);$$

$$P(1) = \left\{M^{-1}(i) + C'(i)W^{-1}C(i)\right\}^{-1}$$

$$M(i) = \phi(i=1)P(i-1)\phi'(y-1) + H(i-1)U(i-1)H'(i-1)$$

Eroarea estimată $\left\{y(i) - \left(C(i)X(i) + W(i)\right)\right\}$ a temperaturii aburului prin filtru Kalman (4) este provocată de erorile de măsurare şi modelare. Însă erorile de măsură sunt neglijabile pentru temperatura aburului, astfel încât se poate considera că eroarea de estimare este cauzată numai de eroarea de modelare.

Cel mai incert parametru al modelului este coeficientul K_1 din ecuaţia (2), care poate fi modificat, astfel încât eroarea estimată să fie zero, prin algoritmul:

$$\frac{dK_1}{dt} = -K\left\{y(i) - \left(C(i)\tilde{X}(i) + W(i)\right)\right\}. \qquad (5)$$

Temperatura aburului se obţine după n iteraţii de predicţie, pe baza ecuaţiilor (1)-(5), şi după algoritmul din figura 5.

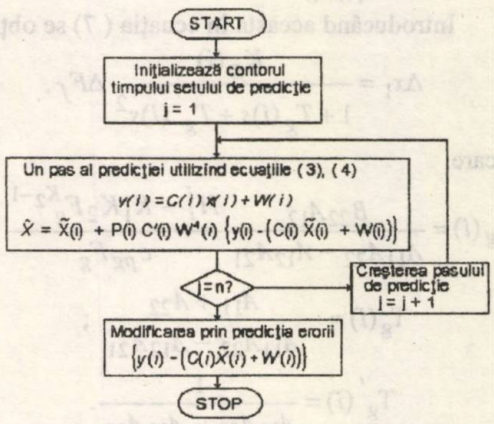


Fig. 5. Algoritmul predicţiei temperaturii.

6. Algoritmul de control cu feedback şi adaptarea amplificării

În sistemele de control digital se utilizează, de regulă, amplificatoare proporţionale şi integrale,

pentru care valoarea prezisă $x(i,n)$ depinde de valoarea măsurată $x(i)$. Algoritmul vitezei de variaţie aplicat în sistemele de control cu predicţie se bazează pe ecuaţia:

$$\Delta F_f(i) = K_I(i)e(i,n) + K_P(i)\{e(i,n) - e(i-1,n)\} \quad (6)$$

unde:

$\Delta F_f(i)$ este ieşirea sistemului de control la timpul i;

$K_I(i)$ - constanta de amplificare integrală la timpul i;

$K_P(i)$ - constanta de amplificare proporţională la timpul i;

$e(i,n) = R(i,n) - x(i,n)$ - eroarea în predicţia temperaturii după iteraţia n-a şi la timpul i;

$R(i,n)$ - valoarea semnalului după iteraţia n-a şi la timpul i.

Cu transformata Laplace relaţia dintre temperatura aburului viu Δx_1 şi temperatura gazelor Δu_2 este:

$$\Delta x_1 = \frac{\dfrac{B_{22}A_{12}}{A_{11}A_{22} - A_{12}A_{21}}}{1 - \dfrac{A_{11} + A_{22}}{A_{11}A_{22} - A_{12}A_{21}}s + \dfrac{1}{A_{11}A_{22} - A_{12}A_{21}}s^2}\Delta u_2 \quad (7)$$

Pe de altă parte, temperatura gazelor Δu_2 poate fi reprezentată sub forma:

$$\Delta u_2 = \frac{1}{c_{pg}F_g}(H_i^i - K_1K_2F_g^{K_2-1})\Delta F_f \quad (8)$$

Introducând aceasta în ecuaţia (7) se obţine:

$$\Delta x_1 = \frac{K_g(i)}{1 + T_g(i)s + T_g'(i)s^2}\Delta F_f, \quad (9)$$

în care:

$$K_g(i) = \frac{B_{22}A_{12}}{A_{11}A_{22} - A_{12}A_{21}} \frac{H_i^i - K_1K_2F_g^{K_2-1}}{c_{pg}F_g};$$

$$T_g(i) = -\frac{A_{11} + A_{22}}{A_{11}A_{22} - A_{12}A_{21}};$$

$$T_g'(i) = \frac{1}{A_{11}A_{22} - A_{12}A_{21}}.$$

Deoarece la variaţia debitului de combustibil temperatura aburului viu se modifică puţin se poate aproxima relaţia dintre acestea printr-o ecuaţie de ordinul întâi, având următoarea formă discretă:

$$\Delta x_1 = e^{-\frac{\Delta t}{T_g(i-1)}}\Delta x_1(i-1) + \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{T_g(i-1)}}\right)K_g(i-1)\Delta F_f(i-1) \quad (10)$$

Din ecuaţiile (6) şi (10) rezultă, pentru regulator, constanta de timp $T_g(i)$ şi de amplificare $K_g(i)$, ce dau stabilitate şi uniformitate caracteristicilor.

7. Sistemul informatic de control al temperaturii aburului viu

Tradiţional, controlul temperaturii aburului se efectuează, în principal, analogic, fiind lipsit de flexibilitate. Pentru a îmbunătăţii logica controlului se propune un sistem digital distribuit, bazat pe microprocesoare. Sistemul hard de control al temperaturii aburului viu, separat pe funcţii distribuite, se prezintă în figura 6.

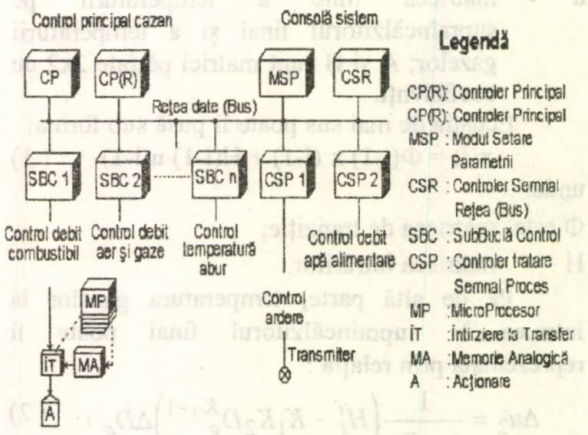


Fig. 6. Sistem informatic pentru controlul temperaturii aburului viu.

Funcţiile pentru controlul temperaturii aburului sunt realizate de mai multe microprocesoare: CSP, CP, SBC etc., care comunică între ele prin controlerul semnalului de reţea, CSR. Facilităţile sistemului sunt:

1 - utilizarea unor procesoare redondante pentru funcţiile importante de tipul CSP, CP şi CSR concentrate pentru a asigura o mare flexibilitate;

2 - flexibilitate pentru dezvoltarea ulterioară a altor funcţii de control;

3 - abilitatea generării programului printr-un limbaj evoluat şi orientat pe obiecte.

BIBLIOGRAFIE

[1] Podolski, L. B. *A Study of Cyclic Operation for Fossil Fueled Power Plants.* In: Combustion, sept. 1979.

[2] Shimoda, M., Sugano, A., Kimura, T., Watanabe, Y., Ishiyama, K. *Prediction method of unburnt carbon for coal fired utility boiler using image processing techique of combustion flame.* In: IEEE Transaction on Energy Conversion ,Vol. 5, dec. 1990.

[3] FGA 950, *NO_x/ CO/ O_2 flue gas monitoring,* Land Combustion Ltd. Anglia

[4] Fujimoto, K., Ito, F., Kurihara, N. *A combustion monitoring and evaluation system for large utility boilers.* In: IEEE Transaction on Energy Conversion ,Vol. 5, mai, 1989.

[5] Kalman, R.E., Busy, R.S. *New Results in linear filtering and prediction theory.* In: Trans. Journal Basic Eng., 1961.

[6] Iioka, M., Sato Y. *Digital Control System for Coal Fired Power Plants.* In: Flame, iun. 1980.

Referent: ing. Constantin Marcel - GSCI-CIE

(Primit la 13 ianuarie 1997, acceptat la 14 martie 1997)

REGULAMENT DE FUNCŢIONARE AL REVISTEI *ENERGETICA*

Prin decizia nr. 458/11.08.97 conducerea RENEL a aprobat Regulamentul de funcţionare al revistei ENERGETICA, pe care-l prezentăm mai jos.

ENERGETICA este revista de specialitate care are ca scop promovarea creaţiei tehnice originale, informarea şi schimbul de experienţă între energeticienii din România. Paginile revistei sunt deschise oricărui specialist energetician pentru a prezenta contribuţii originale, opinii personale, idei şi sinteze; lucrările prezentate spre publicare trebuie să fie competitive şi în pas cu tehnica mondială. Revista reflectă nivelul tehnic şi ştiinţific al energeticienilor din România, punând la dispoziţie informaţii specifice utile.

Pentru desfăşurarea activităţii revistei în cât mai bune condiţii, organizarea şi funcţionarea acesteia se supun normelor de mai jos.

1. OBIECTIVE

Art. 1. Sfera de interes a revistei ENERGETICA include problematica tehnică, economică şi ştiinţifică, având ca obiective procesele, instalaţiile şi sistemele de producere, transport, distribuţie şi utilizare a diferitelor forme de energie, în principal a energiei electrice şi a căldurii. De asemenea, această sferă cuprinde şi acele părţi din domeniile conexe cu care energetica se intersectează ca, de exemplu, ecologia, sociologia, istoriografia specifică etc.

Art. 2. Obiectivele principale ale revistei sunt:

- informarea specialiştilor asupra problemelor energeticii de actualitate şi de perspectivă, contribuind astfel la luarea celor mai bune decizii în activitatea curentă a acestora;
- prezentarea ideilor noi, originale, care contribuie la progresul ştiinţei şi tehnicii naţionale şi/sau mondiale;
- prezentarea realizărilor deosebite din domeniul energetic al economiei naţionale;
- informarea specialiştilor energeticieni asupra noutăţilor tehnice şi ştiinţifice din ţară şi de peste hotare.

Art. 3. Conţinutul şi nivelul ştiintific al revistei se bazează pe contribuţiile energeticienilor din toate sectoarele de activitate, atât din România, cât şi de peste hotare.

2. CONDUCEREA, ORGANIZAREA ŞI FUNCŢIONAREA

Art. 4. Conducerea revistei ENERGETICA este asigurată de către colegiul de redacţie, care se compune din specialişti energeticieni de valoare la nivel naţional şi este constituit pe baza propunerilor făcute de către principalele instituţii şi întreprinderi din sectorul energetic, legate de sfera de interes a revistei ENERGETICA. Procedura de modificare a componenţei colegiului de redacţie în caz de necesitate se precizează la pct. 4.

Colegiul de redacţie răspunde direct de problemele privind conţinutul şi forma de prezentare a revistei.

Administratorul revistei este delegat pentru rezolvarea problemelor administrative, financiare, contabile, juridice, de marketing şi a celor legate de tipărirea şi difuzarea revistei. În acest sens, se încheie o convenţie între colegiul de redacţie şi administrator, în care se precizează obligaţiile şi responsabilităţile celor două părţi.

Art. 5. Colegiul de redacţie are un preşedinte şi un birou de redacţie.

Art. 6. Preşedintele reprezintă, personal sau prin delegat, colegiul de redacţie al revistei faţă de terţi şi faţă de autorităţi, inclusiv în faţa instanţelor judiciare, cu asistenţa juridică a administratorului, pentru problemele care intră în responsabilitatea şi atribuţiile colegiului.

Preşedintele conduce dezbaterile şi lucrările colegiului şi ale biroului de redacţie.

Art. 7. Colegiul de redacţie se întruneşte cel puţin o dată la şase luni, pentru a analiza activitatea anterioară şi pentru a stabili orientările pentru activitatea din perioada următoare.

Art. 8. Între şedinţele de lucru ale colegiului de redacţie, atribuţiile acestuia, în cadrul hotărârilor luate, se îndeplinesc de către biroul de redacţie.

Biroul de redacţie se compune din:

- preşedintele colegiului de redacţie;
- redactorul şef;
- doi adjuncţi ai redactorului şef;
- secretarul de redacţie;
- delegatul preşedintelui RENEL;
- delegatul conducerii administratorului revistei;
- 4-6 membri.

Toţi cei de mai sus sunt şi membri ai colegiului de redacţie.

Biroul de redacţie se întruneşte de câte ori este necesar, dar cel puţin o dată pe lună.

Art. 9. Convocarea membrilor colegiului de redacţie la şedinţele de lucru se face pe baza deciziei preşedintelui, după consultarea biroului de redacţie sau la cererea a peste o treime din numărul total de membri ai colegiului, dacă apar probleme deosebite.

Biroul se convoacă de către preşedintele colegiului, fie în şedinţe ordinare, fie în şedinţe speciale.

Art. 10. În cadrul Colegiului de redacţie funcţionează grupe specializate de lucru; fiecare grupă corespunde unui domeniu principal al preocupărilor din energetică.

Grupele specializate de lucru ale colegiului sunt formate din membrii acestuia, care îndeplinesc activitatea curentă în sfera specialităţii respective.

În funcţie de existenţa unor condiţii locale minim necesare, se pot constitui grupe de lucru ale colegiului în centre universitare şi industriale din ţară.

La activităţile permanente ale grupelor de specialitate pot fi antrenaţi şi specialişti din afara colegiului.

Art.11. Între şedinţele de lucru ale biroului de redacţie, atribuţiile acestuia, în cadrul hotărârilor luate, se îndeplinesc de către redactorul şef. Acesta, împreună cu secretarul de redacţie asigură realizarea măsurilor stabilite.

Art. 12. Membrii colegiului de redacţie răspund individual în faţa plenului acestuia pentru îndeplinirea atribuţiilor care le revin.

3. ATRIBUŢII

Art. 13. Colegiul de redacţie are următoarele atribuţii:

- orientează conţinutul tematic al revistei, ţinând seama de problemele majore ale activităţilor energeticii româneşti;
- analizează şi aprobă programele tematice ale revistei;
- aprobă componenţa grupelor specializate de lucru;
- face recomandări pentru elaborarea de articole pe teme de interes deosebit, sprijinind obţinerea acestora;
- stabileşte măsurile pentru asigurarea funcţionării revistei în bune condiţii şi cu eficienţă;
- colaborează cu administratorul pentru asigurarea surselor de finanţare ale revistei;
- aprobă bugetul anual de venituri şi cheltuieli pe baza propunerilor biroului de redacţie;
- aprobă tarifele pentru abonamente şi reclame pe baza propunerilor biroului de redacţie;
- aprobă tarifele pentru autori şi colaboratori pe baza propunerilor biroului de redacţie.

Art. 14. Hotărârile colegiului de redacţie se iau prin vot cu majoritatea simplă a celor prezenţi, cu condiţia prezenţei a cel puţin 51% din numărul total. La numărătoarea voturilor se pot adăuga cele ale membrilor care au lipsit din motive obiective şi care au transmis acordul scris pentru proiectul de hotărâre.

Art. 15. Grupele de specialitate au următoarele atribuţii:

- recenzează lucrările propuse spre publicare, primite de la secretarul de redacţie, în termen de cel mult 30 zile; în cazurile speciale durata poate fi prelungită cu acordul secretarului de redacţie. Membrii grupelor de specialitate răspund faţă de colegiul de redacţie pentru activitatea de avizare a lucrărilor, din punctul de vedere al nivelului tehnic şi ştiinţific, al corectitudinii principiilor ştiinţifice utilizate, al aplicării sistemelor de unităţi de măsură etc. Recenzentul nu răspunde de exactitatea calculelor, a datelor din tabele, figuri sau de opiniile personale exprimate de autori;
- organizează analize de grup ale lucrărilor primite şi recenzate (inclusiv mese rotunde şi simpozioane) în vederea selectării spre publicare; la aceste analize participă autorii, referenţii, precum şi alţi specialişti din domeniul respectiv;
- susţin propaganda pentru cunoaşterea revistei în cercuri cât mai largi de specialişti.

Art. 16. Biroul de redacţie are următoarele atribuţii:

- asigură realizarea măsurilor stabilite de colegiu;
- coordonează realizarea programelor tematice avizate;
- propune colegiului măsuri pentru stimularea elaborării de articole;
- gestionează portofoliul lucrărilor primite la redacţie;
- asigură predarea manuscriselor numerelor de revistă la termenele stabilite pentru menţinerea periodicităţii normale de apariţie;
- analizează şi definitivează bugetul anual de venituri şi cheltuieli care se aprobă de colegiul de redacţie;
- întocmeşte propunerile pentru tarifele de abonamente şi reclame, precum şi cele pentru autori şi colaboratori, care se supun aprobării colegiului de redacţie;

- propune colegiului măsuri pentru creşterea numărului de abonamente şi de reclame;

- raportează, cel puţin de două ori pe an, colegiului situaţia revistei.

Art. 17. Secretarul de redacţie are următoarele atribuţii:

- primeşte toate lucrările transmise de autori spre publicare şi le repartizează grupelor de specialitate pentru recenzare şi analiză în cadrul unor colective din care vor face parte autorii, referenţii, precum şi alţi specialişti;

- primeşte lucrările recenzate şi analizate şi, împreună cu concluziile proprii, le prezintă redactorului şef pentru aprobarea publicării;

- împreună cu redactorii şefi adjuncţi şi cu redactorul revistei, pregăteşte conţinutul concret al fiecărui număr de revistă şi-l prezintă redactorului şef spre aprobare. Această atribuţie se îndeplineşte cu ritmicitate, în termenele impuse prin contractul de tipărire;

- face propuneri şi întocmeşte împreună cu redactorul şef ordinea de zi pentru şedinţele de lucru ale biroului de redacţie şi pentru cele ale colegiului;

- pregăteşte materialele pentru şedinţele biroului şi ale colegiului;

- urmăreşte împreună cu redactorul şef realizarea măsurilor stabilite prin hotărârile biroului şi ale colegiului;

- împreună cu reprezentantul administratorului în biroul de redacţie întocmeşte proiectul de buget anual.

Art. 18. Redactorii şefi adjuncţi coordonează, din punct de vedere tehnic şi ştiinţific, cantitativ şi calitativ, conţinutul revistei. În acest scop:

- coordonează direct desfăşurarea analizelor de grup pentru selecţia lucrărilor ce vor fi publicate în seria respectivă;

- pregătesc conţinutul concret al fiecărui număr al revistei din seria de specialitate pe care o coordonează.

Art. 19. Redactorul şef are următoarele atribuţii:

- urmăreşte împreună cu secretarul de redacţie realizarea măsurilor stabilite de birou şi de colegiu;

- propune preşedintelui colegiului convocarea biroului şi colegiului;

- împreună cu secretarul de redacţie stabileşte ordinea de zi a lucrărilor biroului şi colegiului;

- aprobă lucrările propuse spre publicare în revistă;

- aprobă conţinutul revistei şi dă "bun de cules" pentru intrarea în tipografie;

- coordonează întreaga activitate tehnică şi ştiinţifică privind revista ENERGETICA.

Art. 20. În caz de indisponibilitate temporară a preşedintelui colegiului, atribuţiile acestuia se îndeplinesc de către redactorul şef.

În cazul indisponibilităţii definitive a preşedintelui, atribuţiile acestuia se îndeplinesc provizoriu de către redactorul şef, până la hotărârea colegiului de redacţie, care se ia în conformitate cu articolele 14, 22 şi 23 din prezentul regulament. În acest caz, redactorul şef are obligaţia de a aduna în cel mai scurt timp biroul de redacţie pentru a convoca în şedinţă extraordinară colegiul de redacţie şi pentru a îndeplini procedurile prevăzute de regulament.

Art. 21. Administratorul revistei are următoarele atribuţii în legătură cu revista ENERGETICA:

- asigură activitatea de editare, tipărire şi difuzare a revistei;

- gestionează veniturile şi cheltuielile revistei;

- asigură activităţile curente de secretariat, dactilografie şi bibliotecă, necesare redacţiei revistei;

- asigură toate operaţiile administrative, financiare, economice şi juridice necesare desfăşurării activităţii revistei;

- asigură spaţiile şi dotările necesare desfăşurării activităţii revistei în bune condiţii;

- asigură activitatea de marketing, reclamă şi propagandă necesară revistei.

4. PROCEDURI ÎN CAZUL UNOR SCHIMBĂRI NECESARE ÎN COMPOZIŢIA COLEGIULUI DE REDACŢIE

Art. 22. Pot apărea schimbări necesare în compoziţia colegiului de redacţie din următoarele motive:

- obiective, în cazul în care unul dintre membrii colegiului este în imposibilitate de a-şi exercita atribuţiile şi trebuie înlocuit;

- organizatorice, când apare necesitatea înfiinţării unei grupe de specialitate sau creşterea ponderii unei grupe existente, respectiv desfiinţării unei grupe de specialitate sau reducerii ponderii unei grupe existente;

- subiective, când unul din membrii colegiului nu mai doreşte să ducă această activitate sau dă dovadă de dezinteres vădit sau absentează în mod nejustificat sau nu-şi îndeplineşte în mod repetat atribuţiile etc. şi trebuie înlocuit;

- obiective, când unul din membrii colegiului nu mai poate duce această activitate, fiind încărcat cu alte atribuţiuni.

În toate aceste cazuri, biroul de redacţie primeşte sesizările, fie sub forma unei cereri, fie ca rezultat al analizei activităţii membrilor colegiului. În cazul necesităţii numirii unui nou membru al colegiului, preşedintele, împreună cu administratorul, solicită în prealabil propuneri de candidaţi de la organizaţii, întreprinderi şi instituţe, care au preocupări în domeniul energeticii.

Toate aceste propuneri se avizează consultativ, dar în mod explicit de delegatul RENEL. Biroul de redacţie supune aceste propuneri, împreună cu propriul punct de vedere, dezbaterii colegiului, care ia hotărârea prin vot, conform articolului 14.

Art. 23. Prevederile ultimului aliniat al art.22 se aplică şi pentru funcţiile în componenţa biroului de redacţie, cu excepţia delegatului RENEL şi a delegatului conducerii administratorului, care sunt membri de drept ai colegiului şi biroului de redacţie.

5. DREPTURILE ŞI OBLIGAŢIILE AUTORILOR ŞI COLABORATORILOR

Art. 24. Autorii articolelor publicate în revistă şi referenţii care analizează manuscrisele au dreptul la o remunerare conform legii.

Art. 25. La prezentarea lucrărilor la redacţie în scopul publicării, autorii au obligaţia să respecte următoarele reguli principale de conţinut şi de formă:

- lucrarea să trateze un subiect care se încadrează în profilul şi tematica revistei; principalele grupe de probleme care constituie tematica revistei se publică periodic în paginile acesteia;
- lucrarea să fie întocmită la un nivel tehnic şi ştiinţific ridicat, corespunzător unei publicaţii cu circulaţie internaţională;
- lucrarea trebuie să fie scrisă îngrijit, dactilografiată pe hârtie de format A4, la două rânduri, pe o singură faţă; să fie semnată de toţi autorii menţionaţi, indicându-se titlul ştiinţific, locul de muncă şi funcţiile acestora, precum şi adresa şi telefonul;
- numărul de pagini ale unei lucrări nu trebuie să depăşească 20, în condiţiile paragrafului anterior, în afara desenelor, fotografiilor, schemelor, tabelelor care se prezintă separat;
- lucrarea poate exprima opinii complet libere, fără nici o restricţie, cu condiţia ca acestea să fie prezentate logic, coerent şi la nivelul ştiinţific corespunzător.

Art. 26. Înainte de publicarea în revistă, lucrările vor fi supuse, de regulă, unor analize de grup.

Autorii, referenţii şi alţi specialişti vor participa la analizele de grup ale lucrărilor recenzate; analizele sunt organizate de grupele de specialitate în vederea selecţionării lucrărilor spre publicare.

Art. 27. Redacţia se consideră angajată într-o relaţie cu autorul sau autorii unei lucrări, din momentul depunerii şi înregistrării acesteia. Din acelaşi moment, se consideră implicit că autorul sau autorii sunt de acord cu prevederile regulamentului de funcţionare al revistei, precum şi cu alte norme aprobate de colegiul de redacţie sau de biroul de redacţie. Redacţia revistei analizează, cu ajutorul specialiştilor colegiului, conţinutul lucrării şi decide, prin aprobarea redactorului şef, fie publicarea în revistă, fie înapoierea acesteia pentru refacere, fie neacceptarea publicării acesteia. Lucrarea se prezintă în două exemplare, din care unul se păstrează ca martor în redacţie, iar al doilea circulă pentru recenzare, pentru eventuale modificări etc.

Art. 28. Dacă un autor îşi retrage lucrarea propusă spre publicare înainte ca aceasta să intre în tipografie, aceasta i se va restitui fără ca autorul să poată solicita plata drepturilor sale, fiind obligat şi la unele despăgubiri. Dacă lucrarea a intrat în tipografie ea nu mai poate fi retrasă.

Art. 29. În cazul returnării pentru refacere sau în cazul respingerii lucrării, autorii vor primi o comunicare scrisă din partea redacţiei.

În cazul acceptării lucrării pentru publicare, aceasta va apărea sub formă de articol, într-unul din numerele revistei, în funcţie de volumul portofoliului de articole, de dozarea lucrărilor pe tematicile programate, de vechimea lucrărilor, având în vedere evitarea perimării sau pierderea unor noutăţi deosebite.

Dacă în cazul unui articol publicat au apărut erori din vina tipografiei sau din vina redacţiei, autorii au dreptul la o erată, care se publică într-unul din numerele următoare ale revistei.

Art. 30. Prin calitatea lor de autori, aceştia se bucură de drepturile prevăzute de actele normative în vigoare.

Art. 31. În cazul lucrărilor care au mai mulţi autori, colectivul acestora precizează ordinea în care vor fi menţionaţi în articol şi desemnează un autor coordonator.

Relaţiile revistei pe întregul proces al operaţiilor redacţionale şi editoriale până la apariţia articolului în revistă sunt menţinute cu ajutorul coordonatorului.

Art. 32. Redacţia nu are calitatea de a stabili componenţa colectivului de autori. Orice modificare a acesteia până la apariţia articolului se poate face pe baza cererii scrise a grupului de autori sau a autorului coordonator.

Art. 33. Opiniile exprimate în articolele publicate în revista ENERGETICA aparţin autorilor acestora. Redacţia încurajează discuţiile tehnice şi ştiintifice şi îşi rezervă dreptul de a exprima puncte de vedere proprii sau ale unor specialişti, comentariile fiind prezentate sub forma unor note separate.

Art. 34. Redacţia îşi rezervă dreptul de a interveni în texte, din punctul de vedere al formei de prezentare, în scopul de a ajuta autorul în exprimarea clară a subiectului. În cazul în care intervenţiile în text pot afecta conţinutul sau prezintă un volum prea important, lucrarea se returnează pentru refacere.

6. BUGETUL

Art. 35. Toate cheltuielile necesare revistei pentru apariţia în bune condiţii, se acoperă din următoarele venituri posibile:

- abonamente şi vânzări cu bucata;
- reclame publicitare;
- subvenţii.

Executarea bugetului se efectuează de către administrator.

DIVERSE

Art. 36. RENEL sprijină activitatea revistei ENERGETICA prin:

- stimularea efectuării unui număr cât mai mare de abonamente în întreprinderile şi institutele aferente;
- realizarea şi publicarea în revistă a reclamelor publicitare pentru activităţile şi problemele domeniului.

CONTENT

VIRGIL MUŞATESCU: Several considerations on the consequences of the Electricity EU Directive Application 355

RAFAEL MIHALIČ: Impact of FACTS devices on power oscillation damping in longitudinal transmission system 362

MARIUS POMÂRLEANU, LIA BEJUSCU: Improving stability of e rim-seal hydropower units by use of breaking resistors 368

GABRIEL ROMAŞCU, DUMITRU DRĂGUŞIN: Considerations on the dimensioning and checkup of the relief pipe and the safety relief valves of the thermal power plants 371

CONSTANTIN NEAGA, LUCIAN COJOCIA: Anslitical calculus of start speed from cool state of an natural circulation steam generator 376

LIANA TURCU: The assessment of the materials modifications to determine the life of the CrMoV low - alloyed steels used in the steam pipes manufacturing 384

GHEORGHE LĂZĂRESCU, NICOLAE PĂNOIU, NICOLAE DĂNILĂ: Adaptive control of the steam temperature 390

The regulations in force regarding the "ENERGETICA" review 395

СОДЕРЖАНИЕ

ВИРДЖИЛ МУШАТЕСКУ: Некоторые соображения о подследствиях принятия ЕС директивы по электричеству 355

РАФАЕЛ МИХАЛИК: Влияние устройств FACTS на амортизациюкомбаний мощности в системах дальней электропередачи 362

МАРИУС ПОМЫРЛЕАНУ, ЛИА БЕЖУСКУ: Стабилизация гидроагрегатов капсульного типа при помощи тормозных сопротивлений 368

ГАБРИЕЛ РОМАШКУ, ДУМИТРУ ДРЭГУШИН: Соображения относительно выхлопной трубы передохрянитепных клапанов теплоэнергетических установок 371

КОНСТАНТИН НЯГА, ЛУЧИАН КОЖОЧИА: Расчёт скорости разогрева из холодного состояния прямоточьного парогенератора 376

ЛИАНА ТУРКУ: Оценка изменении материала в целях определения срока службы слаболегированных сортов стаги CrMoV для паропроводящих труб 384

ГЕОРГЕ ЛЭЗЭРОЮ, НИКОЛАЕ ПЭНОЮ, НИКОЛАЕ ДЭНИЛЭ: Адаптивная регулиовка тепмературы пара 390

РЕГЛАМЕНТ РАБОТЫ ЖУРНАЛА "ЭНЕРГЕТИКА" 395

INHALT

VIRGIL MUŞATESCU: Einige Betrachtungen zu den Folgen der Annahme durch die Europäische Union der Elektrizitätsverordnung. 355

RAFAEL MIHALIČ: Die Einwirkung der FACTS-Einrichtungen auf die Dämpfung der Lastschwankungen in elektrischen Fernübertragungssystemen. 362

MARIUS POMÂRLEANU, LIA BEJUSCU: Die ŢStabilisierung gekapselter Wasserkraftmaschinensätze mit Hilfe der Bremswiderstände. 368

GABRIEL ROMAŞCU, DUMITRU DRAGUŞIN: Betrachtungen zur Bemessung und Prüfung der Auspuffleitung der Sicherheitsventile in den Wärmekraftanlagen. 371

CONSTANTIN NEAGA, LUCIAN COJOCIA: Die Berechnung der Aufheizgeschwindigkeit eines Naturdurchlauf-Dampferzeugers aus dem kalten Zustand. 376

LIANA TURCU: Die Einschätzung der Werkstoffänderungen im Hinblick auf die Bestimmung der Lebensdauer für die zur Fertigung von Dampfleitungen eingesetzten schwachlegierten CrMoV-Stahlsorten. 384

GHEORGHE LĂZĂRESCU, NICOLAE PĂNOIU, NICOLAE DĂNILĂ: Die adaptive Regelung der Dampftemperatur 390

Die Betriebsordnung der Zeitschrift "ENERGETICA" 395

SOMMAIRE

VIRGIL MUŞATESCU: Quelques considérations sur les conséquences de l'adoption de la Directive de la UE sur le secteur électrique 355

RAFAEL MIHALIČ: L'impact des matériels FACTS sur l'amortissements des oscillations de puissance dans le système de transport à distance 362

MARIUS POMÂRLEANU, LIA BEJUSCU: La stabilisation des groupes hydroenergetiques du type bulb à l'aide des résistances de freinage 368

GABRIEL ROMAŞCU, DUMITRU DRAGUŞIN: Considérations sur le dimensionnement et le contrôle de la conduite d'échappement des soupapes de sûreté des installations thermo-énergetiques 371

CONSTANTIN NEAGA, LUCIAN COJOCIA: La calcul de la vitesse de chauffage de l'état froid d'un génerateur à vapeurè à circulation naturelle 376

LIANA TURCU: L'évoluation des modifications apportées au matériau afin de déterminer la durée de vie pour les aciers faiblement alliés CrMoV, utilisés à la fabrication des tujaux de vapeur 384

GHEORGHE LĂZĂRESCU, NICOLAE PĂNOIU, NICOLAE DĂNILĂ: Le réglage adaptif de la temperature des vapeurs 390

Le reglement de fonctionnement de la revue "ENERGETICA" 395

KÖZPONT 1883

I. Evenimente tehnico-ştiinţifice internaţionale şi naţionale cu participare internaţională organizate de RENEL:

- Comitetul Naţional Român al CIGRE şi RENEL - GSCI - ICEMENERG organizează, pentru prima dată în zona ţărilor Europei Centrale şi de Est, un **Simpozion Internaţional CIGRE (SYNEP' 97).** Evenimentul, de mare importanţă pentru comunitatea energetică naţională şi internaţională, va avea loc la Neptun, în perioada 17 - 19 septembrie 1997. Tematica simpozionului este "***Impact of DSM, IRP and Distributed Generation on Power Systems (including competition/coordination with other energy sources)"*** şi este de resortul Comitetului Internaţional de Studii al CIGRE - CS 37 (coordonator) în colaborare cu CS 11, 34, 35, 38, 39.

Detalii suplimentare : d-na Ella Ratcu, GSCI - Serviciul de Afaceri Internaţionale, tel. 321 44 65, fax 321 10 10

- În perioada 14 - 18 iunie 1998 va avea loc la Neptun - Olimp cea de a IV-a ediţie a **Conferinţei Naţionale a Energiei, CNE'98**, cu tema "***Energia mâine. Reconcilierea eficienţei şi competitivităţii cu dezvoltarea durabilă"***, organizată de către Comitetul Naţional Român al Consiliului Mondial al Energiei - CNR-CME şi RENEL, sub auspiciile unor foruri reprezentative din ţară şi străinătate.
  Conferinţa Naţională a Energiei se desfăşoară din doi în doi ani şi este considerată deja un eveniment ştiinţific naţional de primă importanţă, cu o tradiţie solidă şi o reputaţie deosebită în domeniul energiei. CNE se bucură, de fiecare dată, de participarea a peste 1000 de specialişti din mai mult de 3o de ţări, printre care reprezentanţi de marcă din importante organizaţii şi organisme naţionale şi internaţionale, autorităţi locale şi guvernamentale, precum şi personalităţi cu renume şi experţi din România şi din străinătate.
  Cu ocazia CNE'98 va avea loc şi întâlnirea Grupului B de lucru al CME din cadrul programului de cooperare Est/Vest al CME.

Detalii suplimentare : d-na Ella Ratcu, GSCI - Serviciul de Afaceri Internaţionale, tel. 321 44 65, fax 321 10 10

II. Evenimente tehnico-ştiinţifice în cadrul RENEL în perioada septembrie - noiembrie 1997:

- 11-12 septembrie - Neptun, consfătuirea "***Funcţionarea economică a termocentralelor din GPEET***" ; organizator: GPEET
- 1-3 octombrie - Craiova, simpozionul "**Siguranţa în funcţionare a reţelelor electrice**" cu tema "***Disponibilitatea, fiabilitatea şi mentenanţa instalaţiilor şi echipamentelor energetice***"; organizator: GTDEE
- 21-22 octombrie - Arad, simpozionul "***DSM - managementul consumului de energie - realizări şi perspective în România***"; organizator: GSCI
- 20-21 noiembrie - Sinaia, simpozionul "***Managementul resurselor umane***"; organizator: RENEL - DRU
- 20-21 noiembrie - Timişoara, "**A doua conferinţă de electroenergetică**"; organizator: GTDEE

Detalii suplimentare : d-na Ella Ratcu, d-ra Mirela Mathie - GSCI - Serviciul de Afaceri Internaţionale, tel. 321 44 65, fax 321 10 10

Romania RENEL

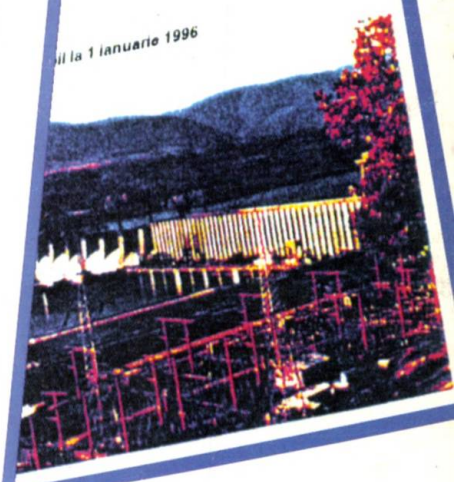
Romania RENEL

REGIA AUTONOMĂ DE ELECTRICITATE - RENEL

OGUL

IILOR TEHNICE
E DE ELECTRICITATE - RENEL

il la 1 ianuarie 1996



Romania RENEL

REGIA AUTONOMĂ DE ELECTRICITATE
Grupul de Studii, Cercetare și Inginerie

ISSN 1224 - 1105

bie Nr.4

iulie - august 1996

BULETIN INFORMATIV PENTRU ENERGIE

Centrul de Informare și Documentare Energetică

Romania RENEL

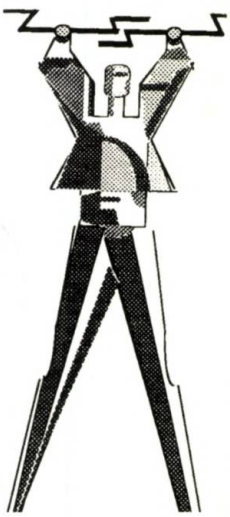
REGIA AUTONOMĂ DE ELECT
Grupul de Studii, Cercetare

5
Mai - 1996

PRODUCEREA, T
ȘI DISTRIBUȚIA
ELECTRICE ȘI

• REVISTĂ LUNARĂ DE INFORMARE TEHN

Centrul de Informare și Documentare Energetică
București



GSCI

CIDE - CENTRUL DE INFORMARE ȘI DOCUMENTARE ENERGETIC
Tel: 321.69.66/307; 323.67.30/235; fax:321.10.10

CIDE

9 ENERGETICA

E2039
FF
8 000000 486172

Romania
RENEL

SEPTEMBRIE 1997

ENERGETICIENI PROTEJAȚI NATURA!

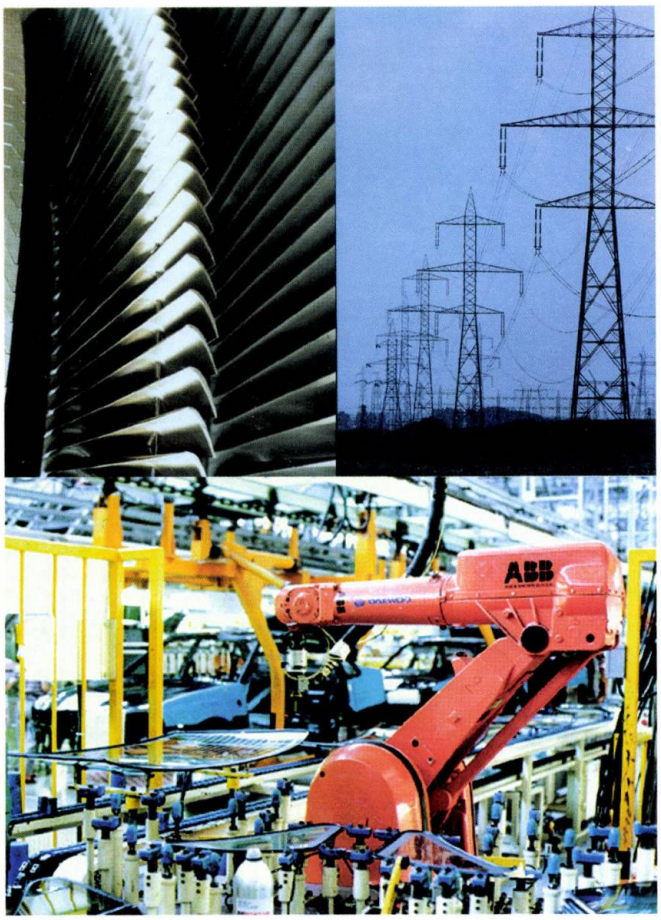


ABB se implică în industria din România combinând experiența internațională cu cea locală

ABB Romania Ltd.
Calea Victoriei, nr 15, et. 5, sect.3
Tel: +401 3300365; 3300495; 3300575;
Fax: +401 3300690

ABB Energoreparaţii România S.R.L.
Bd. Energeticienilor nr. 13-15, Sector 3, Bucureşti
Centrală (cu op.): +401 3247539 -42; Centrală (fără op.): +401 3247534 -35
Fax: +401 3247532; 3247536

ABB Power T&D România S.R.L.
Bd. Timişoara nr. 104, Sector 6, Bucureşti
Tel: +401 3129796; 3129914
Fax: +401 3127537

ABB Rometrics România S.R.L.
Calea Buziaşului nr. 26, R 1900, Timişoara
Tel: +4056 199899
Fax: +4056 193737

ABB

ENERGETICA e®

ISSN: 1220 - 5133

REVISTA DE SPECIALITATE A ENERGETICIENILOR DIN ROMÂNIA

ANUL 45 | Nr. 9 | SEPTEMBRIE 1997

Include şi *Buletin Informativ ENERGETICA*

Revista ENERGETICA a fost înfiinţată în anul 1953, continuând tradiţia vechilor publicaţii inginereşti care au avut preocupări în domeniul energiei ca, de exemplu:
- Diaru pentru vulgarizarea ştiinţelor naturale şi fizice (1870 - 1882);
- Buletinul Societăţii Politehnice (1887 - 1944);
- Buletinul Asociaţiei Generale a Inginerilor din România - AGIR (1919 - 1946);
- ENERGIA, editată de ing. Dumitru Leonida (1921);
- Buletinul Asociaţiei Producătorilor şi Distribuitorilor de Energie Electrică - APDE (1932 - 1944);
- Buletinul Institutului Român de Energie - IRE (1933 - 1944)

COLEGIUL DE REDACŢIE

BIROUL: dr. ing. Eugeniu PAVEL- preşedinte ; ing. Vasile RUGINĂ - redactor-şef ad-interim; dr. ing. Jean CONSTANTINESCU - redactor-şef adjunct; prof. dr. ing. Dumitru Cezar IONESCU - redactor-şef adjunct; dr. ing. Laurenţiu GOIA - secretar de redacţie ad-interim; ing. Lucian LEFTER; ing. Radu OPINCARU; ing. Ion CONECINI; ing. Vladimir CONSTANTINESCU; conf. dr. ing. Virgil MUŞATESCU ; ing. Dan GHEORGHIU; ing. Nicolae NICULESCU; dr. ing. Ioan GANEA; ing. Mihai NICOLAU

MEMBRI: prof. dr. ing. Florin ALEXE; ing. Ovidiu APOSTOL; prof. dr. ing. Victor ATHANASOVICI; prof. dr. ing. Adrian BADEA ; prof. dr. ing. Cornel BIANCHI; ing. Paul CARTIANU; ing. Mircea CÂRDU; prof. dr. ing. Dorin CRISTESCU; prof. dr. ing. Nicolae DĂNILĂ; prof dr. ing. Nicolae GOLOVANOV ; prof. dr. ing. Dumitru IVAS; prof. dr. ing Aureliu LECA; dr. ing. Gheorghe LUCA; dr. ing. Magdalena MATEI; ing. Cornel MOŢIU; prof. dr. ing. Constantin NEAGA; prof. dr. ing. Mircea NEMEŞ; prof. dr. ing. Valeriu NISTREANU; ing. Cornel PÂSLARU; prof. dr. ing. Alexandru POEATĂ; dr. ing. Marius POMÂRLEANU; prof. dr. ing. Florin POP; dr. ing. Teodor POPA; dr. ing. Anca POPESCU; ing. Miron POPESCU; prof. dr. ing. Petre POSTOLACHE; dr. ing. Dan Ion PREDOIU; ing. Constantin RADU; ing. Radu REGMAN; dr. ing. Gabriel ROMAŞCU; ing. Anton ROŞU ; ing. Margarios SALGIAN; ing. Alexandru SĂNDULESCU; ing. Emilian SIMIAN; ing. Cristian TOTOLO; ing. Anton VLĂDESCU.

REDACTOR: Ana Maria CHIVU (tel. 321 69 66/149) 322.06.92

©Toate drepturile asupra acestei publicaţii sunt rezervate editorului. Orice reproducere, integrală sau parţială, prin indiferent ce mijloace, a materialelor apărute în paginile publicaţiei se poate face numai cu aprobarea editorului. Sunt autorizate numai citările incluse în lucrări ştiinţifice sau în alte volume, cu precizarea sursei. Opiniile exprimate în articolele publicate în revistă aparţin autorilor şi nu reflectă în mod obligatoriu punctul de vedere al editorului. Orice persoană juridică sau fizică a cărei acţiune este în concordanţă sau în contradicţie cu opiniile exprimate în materialele publicate îşi asumă riscurile urmărilor, editorul şi autorii neavând nici o răspundere.

CUPRINS

EUGENIU PAVEL: Editorial 403

OVIDIU ŢUŢUIANU, GEORGETA STĂNCIULESCU: Analiza factorilor care influenţează emisiile de CO_2 la producerea energiei electrice şi termice în instalaţiile RENEL 405

NICOLAE BĂRAN: Elemente de calcul pentru dimensionarea hotelor de absorbţie 410

FLORIN BOIAN , SORIN ZBARCEA: Investigarea stării tehnice a betonului din suprastructura coşului de fum nr.2 - CET Işalniţa 413

FRANCISC GYULAI, ION SANTĂU, ADRIAN BEJ: Experienţe tehnice şi bariere instituţionale în promovarea surselor aeroelectrice de energie 418

DORU PĂUNESCU, FELICIA LAZĂR: Protecţiile în SEN între "Da" şi "Nu" 425

CONSTANTIN MUNTEANU: Lucrul sub tensiune în reţelele electrice 429

ALEXANDRA POPESCU, ANIŞOARA BUTNAR: Compatibilitatea uleiurilor de transformator 434

Our review publishes ADVERTISMENTS for your PRODUCTS, TECHNOLOGIES, SERVICES, etc.

Please, contact us at the address:
Revista ENERGETICA
GSCI, B-dul Energeticienilor nr.8,
Bucureşti III, RO 79619
Phone : (401)322.06.92 ; (401)321 69 66/149
Fax: (401)321 10 10
Telex: 10783 gsci r

INFORMAŢII, ABONAMENTE, PUBLICITATE
Maria Tomescu (tel. 323 67 30/143)
Silvia Romanescu (tel: 323 67 30/143)
DIFUZARE: *Adela Popescu* (tel: 323 67 30/188)

Abonamentele se pot face prin dispoziţie de plată sau mandat poştal trimis pe adresa editorului. Se pot face abonamente şi cu plata direct la sediul editorului. Costul unui abonament anual este 132 000 mii lei.
Cititorii din străinătate se pot abona prin achitarea c/v abonamentului (120 $) în contul editorului .
CONT BANCAR: 30.11.8.01.01. BCR Filiala sector 3, Bucureşti (lei)
472171611010 (valută)

TIPAR: CIDE - Serviciul Tipografie.
Coperta tipărită la TIPO - AKTIS, Bucureşti

Redacţia şi administraţia : B-dul Energeticienilor, nr. 8, sector 3, 79619, Bucureşti

EDITORIAL

Colegiul de Redacţie al revistei ENERGETICA îşi reia activitatea după un an de "vacanţă" prelungită, impusă.

Din păcate, acest lucru se face într-un moment în care starea revistei noastre s-a înrăutăţit: portofoliul de articole proprii s-a redus mult, activitatea instituţională de bază a revistei, inclusiv de organizare de mese rotunde, s-a încetinit etc. Revista este completată cu materiale prezentate la simpozioane sau consfătuiri organizate de către alte instituţii. Tirajul revistei a scăzut de la 2200 la 1350 de exemplare sub motiv că "nu sunt cereri de abonamente". Editarea revistei în cele două serii A s-a întrerupt, fiecare număr de revistă conţinând articole eterogene, din toate domeniile energeticii.

Toate aceste aspecte ale situaţiei revistei ENERGETICA m-au făcut să meditez la rolul, scopul şi modalităţile de atingere a ţelurilor urmărite.

În primul rând, prin regulamentul de funcţionare al revistei se precizează că: ENERGETICA este revista de specialitate care are ca scop:

* promovarea creaţiei tehnice originale;
* informarea specialiştilor;
* schimbul de experienţă.

Paginile revistei sunt deschise oricărui specialist energetician pentru a prezenta:

* contribuţii originale;
* opinii personale, idei, sinteze.

Lucrările prezentate spre publicare trebuie să fie competitive şi în pas cu tehnica mondială. Revista reflectă nivelul tehnic şi ştiinţific al energeticienilor din România. Cu alte cuvinte, revista ENERGETICA trebuie să fie o publicaţie reprezentativă pentru nivelul tehnic şi ştiinţific al specialiştilor români în domeniu.

Colegiul de Redacţie şi-a declarat intenţia ca reperul acestui nivel să fie cunoştinţele primite de un specialist la absolvirea studiilor superioare, la care se adaugă acumulările tehnice şi ştiinţifice în activitatea de cercetare, de învăţământ şi exploatare, toate acestea asigurând premisele necesare unui creator tehnic original. Materialele publicate în revistă pot fi şi trebuie să fie înţelese de o persoană care are pregătirea de inginer energetician. Aceasta nu înseamnă că revista se adresează numai inginerilor diplomaţi. Sunt mulţi specialişti care au absolvit şcoli cu alt profil, uneori numai de nivel mediu, dar care, printr-o pregătire personală, şi-au însuşit cunoştinţe la nivelul unui inginer şi care pot fi buni inventatori sau creatori tehnici originali.

*

Reforma şi restructurarea sectorului energetic, precum şi noile forme organizatorice caracteristice economiei de piaţă, cer specialişti foarte buni, cu calificare ridicată şi cu o polivalenţă teoretică şi practică suficientă pentru a se adapta la situaţiile concrete locale şi temporale.

Trebuie reamintit că *energetica* este o disciplină polivalentă prin natura ei şi se intersectează cu multe alte discipline ca: economia, ecologia, informatica, electrotehnica, termodinamica, hidrotehnica etc. Un bun inginer energetician, trebuie să aibă cunoştinţele necesare zonelor de intersecţie energeticii cu celelalte discipline.

Este greu de conceput, de exemplu, ca un inginer care se ocupă de exploatarea reţelelor electrice să nu aibă cunoştinţe despre principiile termodinamice, despre ciclul Rankine sau despre funcţionarea ciclului magneto-hidrodinamic (MHD) etc. Este la fel de greu de conceput ca un inginer care se ocupă de exploatarea centralelor electrice să nu cunoască principiile pierderilor de energie electrică sau instalaţiile electrice de protecţie etc.

De altfel, în energetică subdomeniile se întrepătrund atât de mult încât este greu să faci o distincţie clară între principiile lor teoretice specifice.

Inginerul energetician trebuie să fie interesat de tot ce cuprinde sfera energeticii.

De aceea mi s-a părut anormal faptul că unii specialişti, este adevărat, puţini (în special din partea reţelelor electrice), au declarat că nu sunt interesaţi de acele numere ale revistei ENERGETICA, în care sunt tratate probleme "termice" sau "hidraulice" în general, probleme de centrale electrice şi altele.

Prin gruparea numerelor revistei pe seriile A şi B şi prin gruparea tematică pe fiecare număr, s-a încercat transformarea revistei într-un instrument uşor de folosit şi eficient în situaţiile în care specialistul are nevoie de informaţii pe o anumită problematică.

*

În perioada prin care trecem, abonamentele au un preţ ridicat, în general inaccesibil persoanelor particulare. De aceea, în anii trecuţi s-au practicat tarife încrucişate, întreprinderile fiind conştiente că în acest fel acoperă diferenţele la tariful acordat preferenţial persoanelor individuale (specialişti, pensionari, studenţi).

Este de discutat dacă această modalitate de tarifare trebuie menţinută sau nu, în procesul de trecere a economiei la piaţa liberă.

O politică productivă pentru cititor, trebuie să aibă în vedere ridicarea nivelului tehnic şi ştiinţific al specialiştilor.

Pe vremuri, Societatea de Gaz şi Electricitate, sub conducerea de atunci, foarte înţeleaptă şi modernă sub aspect managerial, a lui Nicolae Caranfil, acorda gratuit tuturor inginerilor revistele periodice de specialitate ca: ENERGIA, Buletinul

Societăţii Politehnice etc., cu scopul vădit de a-şi aduce specialiştii la nivelul de cunoştinţe necesar şi, în acelaşi timp, de a-i antrena în rezolvarea marilor probleme ale energeticii româneşti.

O astfel de tradiţie poate fi reluată. O instituţie sau societate comercială are nu doar datoria de a-i plăti unui angajat salariul cuvenit, dar şi datoria de a-i creea un anumit cadru pentru perfecţionarea sa profesională. Această obligaţie este, de altfel, trecută în mod frecvent atât în contractul colectiv de muncă la nivelul unei instituţii, cât şi în contractele individuale. Se răspunde astfel atât intereselor instituţiei (de a dispune de personal superior calificat), cât şi celor ale specialiştilor. În acest sens nu este exagerat să susţină că ar fi extrem de util ca instituţiile şi agenţii economici să solicite un număr corespunzător de abonamente, iar revistele să nu fie stocate într-o bibliotecă, ci distribuite operativ specialiştilor, potenţial interesaţi.

*

Una dintre problelmele care se discută mai deschis, sau mai puţin deschis, în diferite cercuri este şi aceea cuprinsă în întrebarea: "inginerul face sau nu parte din sfera conceptului de intelectual ?".

Răspunsul general, dacă ne referim la profesiune, este un **da** categoric.

Dicţionarele curente definesc intelectualul ca persoană care se ocupă, prin procupările personale sau prin profesie, de problemele spiritului. Prin spirit se înţelege inteligenţă, manieră de a gândi acele activităţi care necesită raţionamente inductive sau deductive. Or, prin profesie inginerul trebuie să aibă aceste atribute.

În vorbirea curentă însă intelectualul trebuie să aibă şi o cultură generală minimă care, în general, porneşte de la nivelul culturii generale formate în şcolile anteuniversitare şi se îmbogăţeşte continuu prin autocultivare.

Desigur, sunt profesii în care cultura generală sau cea specializată reprezintă chiar "obiectul muncii". Asculţi în societate sau în orice altă ocazie cu plăcere un istoric, un critic literar sau de artă etc. Dar am avut ocazia să ascultăm şi ingineri a căror cultură generală impresiona în mod deosebit interlocutorii sau auditoriul. Generaţiile trecute au avut şansa să-i asculte pe profesorii Constantin Budeanu, Dumitru Leonida sau Remus Răduleţ şi pe **foarte** mulţi alţii. Şi azi sunt personalităţi din rândul energeticienilor intelectuali care impresionează din acest punct de vedere.

Există însă între noi şi ingineri la care neglijenţele de natură semantică, gramaticală, morfologică, ortoepică, ortografică sau de cultură generală sunt supărătoare. Aceste neglijenţe nu sunt specifice **numai** profesiunii noastre. Ele apar şi la alţi intelectuali şi din păcate, în urma dezvoltării tehnicilor informaţiilor sunt răspândite şi preluate cu uşurinţă prin mijloacele radio, TV, publicaţii.

Revista ENERGETICA îşi propune nu numai să publice informaţii tehnice utile specialiştilor, dar şi să militeze ca aceste informaţii să fie furnizate în cele mai bune tradiţii ale limbii române, în care atributele de "academic" şi "accesibil" nu sunt antonime.

*

Unii ingineri energeticieni au o repulsie nejustificată faţă de sistemul internaţional de unităţi de măsură (SI), care este legalizat şi obligatoriu în România, şi folosesc unităţi de măsură învechite şi complicate, din motive de comoditate intelectuală. Vom depune eforturi pentru utilizarea SI în avantajul tuturor specialiştilor, mai ales al celor tineri.

*

În calitatea mea de preşedinte al Colegiului de Redacţie, personal şi în colaborare cu membrii Colegiului, cu alţi specialişti, voi milita permanent pentru ca imaginea inginerului energetician să reprezinte o pondere calitativă reală din ce în ce mai mare în intelectualitatea românească. În acest context, revista ENERGETICA trebuie să fie oglinda procupărilor de specialitate a acestei intelectualităţi de elită, atât de necesară în activitatea economică prezentă şi de viitor a României.

Preşedintele Colegiului de Redacţie,
dr. ing. EUGENIU PAVEL

ANALIZA FACTORILOR CARE INFLUENŢEAZĂ EMISIILE DE CO_2 LA PRODUCEREA ENERGIEI ELECTRICE ŞI TERMICE ÎN INSTALAŢIILE RENEL

ing. OVIDIU ŢUŢUIANU *, ing. GEORGETA STĂNCIULESCU **

Articolul îşi propune să cuantifice influenţa principalilor factori care determină emisiile de CO_2 rezultate din activitatea de producere a energiei electrice şi termice:
- conţinutul de carbon al combustibililor utilizaţi;
- consumul specific de combustibili;
- structura producţiei de energie;
- nivelul cererii de energie.
Considerând 1980 an de referinţă, se evaluează atât variaţiile anuale ale fiecărui factor, cât şi corelaţiile dintre aceştia şi emisiile anuale de CO_2 din termocentralele RENEL.

The paper intends to quantify the influence of the main factors which condition the CO_2 emissions from electricity and heat generation:
- the carbon content of used fuels;
- the fuel specific consumption;
- the structure of energy generation;
- the level of energy demand.
Taking 1980 as reference year, the annual changes of each factor are evaluated and the correlation between these factors and yearly CO_2 emissions from RENEL's Thermal Power Plants are pointed out.

Descriptori: emisii de CO_2, efect de seră, factor de influenţă: de eficienţă, de emisii, de producţie, de structură

Introducere

Una dintre problemele globale critice ale omenirii o reprezintă pericolul schimbărilor climatice, generat de emisiile de gaze cu efect de seră.

Această problemă a fost abordată pregnant în special prin Convenţia cadru a Naţiunilor Unite asupra schimbărilor climatice, semnată în iunie 1992 la Rio de Janeiro de peste 150 de ţări, printre care s-a numărat şi România.

Convenţia a intrat în vigoare în martie 1994 şi a fost ratificată în Parlamentul României prin Legea nr. 24/06.05.1994.

Obiectivul final al Convenţiei este "*de a stabiliza, ..., concentraţiile de gaze cu efect de seră în atmosferă la un nivel care să împiedice orice perturbare antropică periculoasă a sistemului climatic*". Un astfel de nivel trebuie atins într-o perioadă de timp suficientă pentru a permite ecosistemelor să se adapteze în mod natural la schimbarea climei, să asigure protejarea producţiei şi să facă posibilă dezvoltarea economică într-o manieră durabilă.

Dacă la Rio, statele europene au cedat în faţa SUA, renunţând la stabilirea unor angajamente clare de reducere a emisiilor, Conferinţa Părţilor (Mandatul) de la Berlin din martie 1995 a cerut guvernelor să negocieze un tratat care să elaboreze o serie de politici şi măsuri, precum şi un set de limitări cantitative şi obiective de reduceri pentru intervalele specifice de timp, cum ar fi: 2005, 2010, 2020 [1].

Dintre gazele cu efect de seră, CO_2 se remarcă în mod special pentru că are: cea mai însemnată contribuţie directă la acest efect (55,8%), un important potenţial privind încălzirea globală şi o durată de viaţă în atmosferă foarte mare.

Concentraţia atmosferică a gazelor cu efect de seră este influenţată atât de unele activităţi umane, cât şi de contribuţia netă a surselor naturale.

Cea mai importantă contribuţie antropogenă de gaze cu efect de seră o aduc emisiile de CO_2, având ca principale surse procesele de ardere a

* Regia Autonomă de Electricitate - RENEL
** RENEL - GSCI

combustibililor fosili (cărbuni, produse petroliere şi gaze naturale).

Până în 1990 concentraţia CO_2 în atmosferă a atins 354 ppmv (în volum) - mai mare decât oricc altă valoare din ultimii 150 000 ani şi mult mai mare faţă de 280 ppmv înregistrată la începutul utilizării combustibililor fosili. Se prognozează o creştere anuală de 0,5% [2].

Sectorul producţiei energiei electrice în ţările europene dezvoltate contribuie cu 20% la totalul emisiilor de CO_2, în timp ce ponderea emisiilor de CO_2 din instalaţiile RENEL în emisiile totale pe plan naţional este de circa 38%.

Luând în considerare cele de mai sus, se vede necesitatea analizei cât mai aprofundate a factorilor ce influenţează emisiile de CO_2, rezultate, în special, din activitatea de producere a energiei electrice şi termice, în vederea stabilirii măsurilor ce pot conduce la diminuarea acestora.

1. Producerea energiei electrice şi termice în instalaţiile RENEL

Regia Autonomă de Electricitate (RENEL) este în prezent cel mai important producător de energie electrică din România, asigurând peste 90% din producţia internă.

Producţia de energie electrică în instalaţiile RENEL se bazează, în proporţie de 70 - 80%, pe termocentrale clasice (pe combustibili fosili) şi 30 - 20 % pe hidrocentrale.

Începând cu anul 1996 se produce energie electrică şi din combustibil nuclear la CNE Cernavodă.

Pe lângă energie electrică, termocentralele RENEL mai asigură peste 40% din producţia centralizată de energie termică (pentru scopuri tehnologice şi încălzire urbană) , cea mai mare parte fiind produsă în mod combinat cu energia electrică (regim de termoficare).

Producţiile de energie electrică şi termică în instalaţiile RENEL au avut o dinamică practic continuu crescătoare până în 1989, după care s-au redus cu 26,2% şi respectiv 36,0% - faţă de acest an, datorită începerii restructurării economiei naţionale. Au urmat, în 1995 şi 1996, uşoare creşteri, care au adus producţiile respective la niveluri de 82,5% şi respectiv 66,2%, raportate la anul de referinţă 1989.

În perioada 1980 - 1996, pe care se axează analiza prezentată în articolul de faţă, consumul total de combustibili pentru producerea energiei electrice şi termice a crescut de la 707 mil. GJ în 1980 la 946 mil. GJ în 1989, după care a scăzut până la 642 mil GJ în 1994, revenind până la 678 mil GJ în 1996 [3].

Principalii combustibili fosili utilizaţi, cărbunii şi gazele naturale, au reprezentat din total 31,82% şi respectiv 54,17% în 1980, 40,80% şi respectiv 42,71% în 1989, ajungând la 46,17% şi respectiv 35,40% în 1996.

În aceste condiţii, emisiile totale de CO_2 determinate prin calcul [4] cu metoda prezentată în [5] au reprezentat 48,460 mil. t în 1980, 70,0 mil. t în 1989 şi 51,65 mil. t în 1996, cu menţiunea că emisiile specifice (tCO_2/kWh sau $tCO_2/loc.$) se situează pe o poziţie medie comparativă cu celelalte ţări din Europa [6].

2. Modelul matematic de analiză

Unele lucrări au căutat să analizeze factorii care influenţează emisiile rezultate din consumul de energie electrică pe diverse zone geografice [7] sau în România *.

Ele au avut în vedere o serie de **factori macroeconomici, cum sunt produsul intern brut (PIB) şi numărul de locuitori.**

Bazându-ne pe o metodologie similară cu cea utilizată în lucrările citate, ne propunem să analizăm factorii care influenţează emisiile de CO_2 la producerea energiei electrice şi termice în instalaţiile RENEL.

Modelul matematic se fundamentează pe ecuaţia:

$$CO_2 = \left(\frac{CO_2}{Q_*}\right)\left(\frac{Q_*}{E_*}\right)\left(\frac{E_*}{E_{TOT}}\right)E_{TOT}, [t/an] \quad (1)$$

unde:

CO_2 este - emisia anuală de CO_2 la termocentrale [t/an];

Q_* - consumul de combustibili pentru producerea energiei electrice şi termice [GJ]:

$$Q_* = Q_E + Q_T \quad [GJ]; \quad (2)$$

Q_E - consumul de combustibili pentru producerea energiei electrice [GJ];

Q_T - consumul de combustibili pentru producerea energiei termice [GJ];

---

* Vasilescu, I. *Analiza factorilor care influenţează emisia de CO_2 rezultată din consumul de energie din România.* Raport la al VI-lea Colocviu naţional pentru protecţia atmosferei, Bucureşti, 20-22 nov. 1996

E_* - producţia de energie electrică şi energie termică echivalată în energie electrică, în termocentrale [GWh];

$$E_* = E_e^{CTE} + E_t^{CTE} = E_e^{CTE} + \frac{Q_T}{Q_E} \cdot E_e^{CTE} \text{ [GWh]}, \quad (3)$$

în care:

E_t^{CTE} este producţia de energie termică echivalată în energie electrică [GWh];

E_{TOT} - producţia totală de energie electrică şi termică [GWh]:

$$E_{TOT} = E_* + E_e^{CHE} + E_e^{CNE}, \quad (4)$$

unde:

E_e^{CHE} este producţia de energie electrică în hidrocentrale;

E_e^{CNE} - producţia de energie electrică în centrale nuclearoelectrice.

S-a considerat, astfel, că principalii factori de influenţă a emisiilor de CO_2 sunt:

– *factorul de emisie*, determinat de conţinutul de carbon al combustibilului utilizat:

$$\frac{CO_2}{Q_*} = \varepsilon ; \quad (5)$$

– *factorul de eficienţă*, determinat de consumul specific pentru producerea energiei electrice şi termice în termocentrale:

$$\frac{Q_*}{E_*} = b ; \quad (6)$$

– *factorul de structură*, determinat de ponderea producţiei de energie din termocentrale în totalul producţiei de energie a RENEL:

$$\frac{E_*}{E_{TOT}} = y ; \quad (7)$$

– *factorul de producţie*, determinat de nivelul cererii de energie care trebuie acoperită de RENEL.

În aceste condiţii relaţia (1) devine:

$$CO_2 = \varepsilon \, b \, y \, E_{TOT} . \quad (8)$$

Pentru examinarea variaţiilor emisiilor de CO_2 şi a factorilor de influenţă se diferenţiază relaţia (8):

$$\frac{dCO_2}{CO_2} = \frac{d\varepsilon}{\varepsilon} + \frac{db}{b} + \frac{dy}{y} + \frac{dE_{TOT}}{E_{TOT}} \quad (9)$$

$$dCO_2 = \frac{CO_2}{\varepsilon} d\varepsilon + \frac{CO_2}{b} db + \frac{CO_2}{y} dy + \frac{CO_2}{E_{TOT}} dE_{TOT} \quad (10)$$

Analiza s-a efectuat pe perioada 1980 - 1996, pe baza valorilor anuale calculate pentru fiecare factor de influenţă (tabelul 1).

Variaţia factorilor de influenţă:

$$f_1 = \frac{CO_2}{\varepsilon} d\varepsilon ;$$

$$f_2 = \frac{CO_2}{b} db ;$$

$$f_3 = \frac{CO_2}{y} dy ;$$

$$f_4 = \frac{CO_2}{E_{TOT}} dE_{TOT},$$

a fost exprimată atât ca diferenţe de la an la an, cât şi ca diferenţe faţă de anul de bază (1980).

Tabelul 1

Emisiile de CO_2 din instalaţiile RENEL şi factorii de influenţă a acestora în perioada 1980 - 1996

Anul	Q_* [mil. GJ]	E_* [GWh]	E_{TOT} [GWh]	CO_2 [mil. kg]	CO_2/Q_*	Q_*/E_*	E_*/E_{TOT}
1	2	3	4	5	5/2	2/3	3/4
1980	707	73089	85619	48460	68,5	0,0097	0,854
1981	741	72571	85196	50000	67,5	0,0102	0,852
1982	743	73818	85584	50400	67,8	0,0101	0,863
1983	773	75682	85647	53000	68,6	0,0102	0,884
1984	799	76589	87840	55800	69,8	0,0104	0,872
1985	834	79823	91629	58000	69,5	0,0104	0,871
1986	905	86422	97141	63500	70,2	0,0105	0,890
1987	888	85218	96349	63000	70,9	0,0104	0,884
1988	922	87321	100862	67400	73,1	0,0106	0,866
1989	946	89527	102057	70000	74,0	0,0106	0,877
1990	850	78428	89331	60400	71,1	0,0108	0,878
1991	699	66037	80211	49000	70,1	0,0106	0,823
1992	666	62543	74165	49020	73,6	0,0106	0,843
1993	664	61085	73768	49050	73,9	0,0109	0,828
1994	642	59694	72661	47800	74,5	0,0108	0,822
1995	661	61416	78049	50000	75,6	0,0108	0,787
1996	678	62467	79537	51650	76,2	0,0109	0,785

Reprezentarea grafică a acestor variaţii este dată în figurile 1 şi 2.

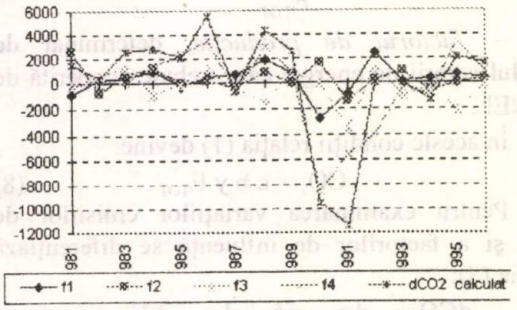


Fig. 1. Factorii de influenţă a emisiei de CO_2 variaţie an de an.

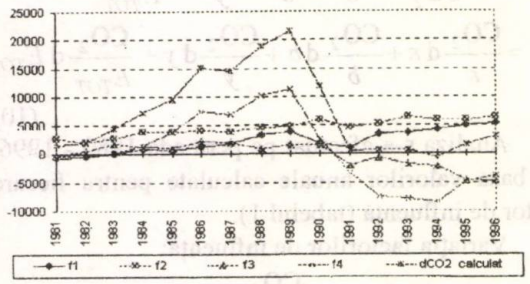


Fig. 2. Factorii de influenţă a emisiei de CO_2 variaţie faţă de anul de bază.

3. Analiza factorilor de influenţă

Variaţiile an de an ale factorilor de influenţă f_1, f_2 ,f_3, şi f_4 au relevanţă în măsura în care se analizează variaţia unui anumit an faţă de precedentul. În cele ce urmează, analiza va fi axată în special pe evoluţiile faţă de anul de referinţă (valori cumulate), deoarece oferă o imagine mult mai sugestivă a influenţei factorilor evidenţiaţi asupra emisiei de CO_2. Astfel, odată calculate valorile pentru f_1, f_2, f_3 şi f_4 (fig. 2), s-a putut determina ponderea acestora în variaţia emisiei de CO_2 (tabelul 2).

Valorile ponderilor cu semn negativ au ca efect diminuarea emisiilor de CO_2 , deci un efect benefic, în timp ce ponderile pozitive conduc la creşteri ale emisiei de CO_2.

Din analiza tabelului 2 se desprind următoarele:

- *ponderea variaţiei factorului* f_1 reflectă structura consumului de combustibil utilizat pentru producerea energiei în termocentrale. Creşterile din perioada după 1990 evidenţiază majorarea ponderii cărbunilor (43 - 46%) şi păcurii în defavoarea gazelor (44 - 35%);

- *ponderea variaţiei factorului* f_2 are valorile cele mai mari faţă de ceilalţi factori, reflectând importanţa eficienţei utilizării combustibililor în termocentrale. Ponderile mai ridicate din perioada 1981-1985 se datorează producţiei mari de energie electrică produsă în regim de condensaţie, iar după 1990 funcţionării grupurilor din termocentrale la sarcini parţiale. Între 1986-1989, când s-au produs cele mai mari cantităţi de energie termică în regim de cogenerare, ponderea factorului f_2 s-a redus la circa jumătate faţă de valorile perioadei anterioare. Menţionăm că factorul f_2 suferă în mod continuu influenţa structurii combustibililor utilizaţi, precum şi a uzurii fizice şi morale a instalaţiilor;

- *ponderea variaţiei factorului* f_3 înregistrează valori negative după 1990, ca urmare a unor mutaţii semnificative în structura producţiei de energie a

Tabelul 2

Ponderea factorilor de influenţă (variaţie faţă de anul de bază)

Anul	f_1	f_2	f_3	f_4	d_{CO2} calculat
1981	-20,0%	70,5%	-2,9%	-6,6%	100%
1982	-16,8%	65,1%	17,4%	-0,7%	100%
1983	0,3%	59,7%	39,6%	0,4%	100%
1984	12,5%	52,8%	15,5%	19,2%	100%
1985	7,4%	41,3%	11,4%	39,9%	100%
1986	7,6%	27,2%	15,1%	50,1%	100%
1987	11,7%	26,6%	13,4%	48,3%	100%
1988	17,0%	25,0%	4,2%	53,8%	100%
1989	17,9%	22,4%	7,3%	52,4%	100%
1990	14,9%	50,7%	13,4%	21,0%	100%
1991	10,0%	42,5%	-17,5%	-30,0%	100%
1992	20,9%	30,7%	-4,1%	-44,3%	100%
1993	19,0%	32,5%	-8,9%	-39,7%	100%
1994	20,1%	28,3%	-10,6%	-41,0%	100%
1995	24,4%	29,3%	-22,6%	-23,7%	100%
1996	26,0%	31,7%	-23,3%	-19,0%	100%

RENEL. Astfel, ponderea energiei produse în termocentrale scade de la 85%, în anul de bază, la 78% în 1996, când a intrat în funcţiune şi CNE Cernavodă;

- *ponderea variaţiei factorului* f_4 înregistrează în general aceleaşi semne ca f_3 şi reflectă evoluţia nivelului cererii de energie. Faţă de anul de bază, s-au înregistrat valori maxime în anii 1988 şi 1989 şi minime în 1992 - 1994, când s-a realizat cea mai mică producţie de energie a RENEL din perioada analizată (vezi tabelul 1);

- faţă de 1989, considerat an de referinţă de către Ministerul Apelor, Pădurilor şi Protecţia Mediului din România pentru urmărirea emisiei de CO_2, în anul 1996 emisiile de CO_2 din instalaţiile RENEL au fost cu 26,2% mai mici, diferenţele între ponderile factorilor de influenţă fiind Δf_1=+8,1%; Δf_2=19,3%; Δf_3=-30,6%; Δf_4=-71,4%.

Concluzii

◊ Modelul matematic utilizat pentru determinarea emisiilor de CO_2 evidenţiază clar că prin diminuarea fiecărui factor se poate obţine o reducere a acestor emisii. El poate fi folosit atât la analize "post", cât şi la prognoze.

◊ Analiza ponderilor factorilor de influenţă a emisiilor de CO_2, mai ales din ultimii doi ani (1995,1996) permite o ierarhizare a acestora: *I) "eficienţă", II) "emisie", III) "structură", IV) "producţie"*

◊ Rezultatele obţinute în urma analizei validează unele acţiuni de reducere a emisiilor de CO_2 pe care RENEL şi le-a înscris deja în strategia sa de protecţie a mediului [*].

◊ În scopul participării eficiente la aplicarea convenţiilor internaţionale privind schimbările climatice, considerăm că sectorul producerii de energie electrică şi termică din România trebuie să se bazeze , în principal, pe următoarele acţiuni:

• vizând *"factorul de eficienţă"*:

* creşterea performanţelor tehnico-economice ale termocentralelor existente prin retehnologizări şi modernizări;

* perfecţionarea managementului exploatării şi mentenanţei (corectivă şi predictivă);

* optimizarea regimurilor de producere combinată a energiei electrice şi termice;

* casarea instalaţiilor vechi şi implementarea unor instalaţii noi, performante.

• vizând *"factorul de emisie"* :

* creşterea ponderii gazelor naturale în defavoarea păcurii şi mai ales a cărbunilor;

* substituţia lignitului indigen cu huila din import;

* introducerea unor tehnologii cu emisii reduse de CO_2 (arderea cărbunilor în strat fluidizat, turbine cu gaze cu ciclu combinat etc.);

• vizând *"factorul de structură"*:

* creşterea ponderii producţiei de energie electrică în CHE şi CNE;

* promovarea tehnologiilor de producere a energiei electrice şi termice care utilizează surse reînnoibile şi refolosibile;

• vizând *"factorul de producţie"*:

* diminuarea consumurilor proprii tehnologice la producerea energiei electrice şi termice;

* reducerea pierderilor la transportul şi distribuţia energiei;

* promovarea unor acţiuni de tip DSM care să ducă la micşorarea cererii de energie la toate tipurile de consumatori.

BIBLIOGRAFIE

[1] Brown, L. et al. *Probleme globale ale omenirii.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1996.

[2] x x x *Energy and Environmental Technologies to respond to Global Climate Change Concerns.* IEA/OECD, Paris, 1994.

[3] x x x *Rapoarte anuale,* RENEL 1980 - 1996.

[4] Ţuţuianu, O., Fulger, E-D., Vieru, A., Feher, M. *Premise şi soluţii privind o abordare globală a emisiilor de poluanţi gazoşi pe ansamblul termocentralelor RENEL.* In: ENERGETICA, nr. 2, seria A, martie - aprilie 1996 p. 72-75.

[5] Ţuţuianu, O., Anghel, M. *Metodologie de evaluare operativă a emisiei de SO_2, No_x, pulberi şi CO_2 din centrale termice şi termoelectrice* (PE-1001/1994), ICEMENERG, Bucureşti, 1994.

[6] Vaida, V., Ţuţuianu O., Anghel M. *Aspects regarding CO_2 Emissions from the Romanian Electricity Generation and District Heating Sector,* UNIPEDE-IEA Conference, Hamburg, 1-3 Sept. 1993.

[7] Ogawa, I. *An Analysis on Factors of CO_2 Emissions Resulting from Energy Consumption.* In: Energy in Japan, no.107, Jan. 1991.

[8] Ţuţuianu, O., Fulger,E-D., Vieru, A., Feher, M. *Is Carbonic/CO_2 Taxes Implementation Timely for Electricity and Heat Generation.* Raport la Conferinţa Naţională a Energiei, Neptun, 1996.

Referent: ing. Emil - Dan Fulger - GSCI

(Primit la 27 iunie 1997, acceptat la 13 august 1997)

[*] Vasilescu, I. *Analiza factorilor care influenţează emisia de CO_2 rezultată din consumul de energie din România.* Raport la al VI-lea Colocviu naţional pentru protecţia atmosferei, Bucureşti, 20-22 nov. 1996

ELEMENTE DE CALCUL PENTRU DIMENSIONAREA HOTELOR DE ABSORBŢIE

conf. dr. ing. NICOLAE BĂRAN *

În lucrare se prezintă ecuaţiile ce caracterizează curgerea fluidelor în apropierea unei hote de absorbţie. Pentru dimensionarea corectă a unei hote de absorbţie a amestecului de aer + particule solide este necesar să cunoaştem viteza de antrenare a particulelor. Autorul prezintă o metodă şi o instalaţie experimentală pentru determinarea vitezei de antrenare.

Rezultatele cercetărilor experimentale confirmă atât exactitatea metodei, cât şi condiţiile de bună funcţionare a unei hote de absorbţie.

The paper presents the equation for fluid flow in the vecinity of a suection hood. In order to make a proper dimensioning of the air-solid particles mixture succint hood, it is necessary to know the particles driving velocity.

The autor present a method and a experimental installation by means of wich the particles driving velocity can be determined.

The results of the experimental research do ascertain both the accuracy of the method and the proper operating conditions of the succint hood.

Descriptori: instalaţii de desprăfuire, concasare cărbune, termocentrale

Introducere

Instalaţiile de captare, transport şi separare a diferitelor particule solide aflate în suspensie în medii gazoase sau antrenate de către curenţi de gaz, sunt realizate pe baza unor proiecte care prevăd echipamente şi utilaje tipizate.

Practica exploatării lor arată o eficienţă redusă şi, frecvent, scoaterea lor din funcţiune. Această situaţie se explică atât prin utilizarea unor date şi metode de proiectare a instalaţiilor de desprăfuire mai puţin riguroase, cât şi, în anumite cazuri, datorită unei exploatări necorespunzătoare.

Rezolvarea completă a problemelor legate de funcţionarea acestor instalaţii necesită încă numeroase cercetări experimentale, precum şi perfecţionarea metodelor de proiectare a hotelor de absorbţie, a cicloanelor, a conductelor de transport pneumatic.

1. Elemente de calcul aerodinamic a hotelor de absorbţie

Soluţiile constructive adoptate şi tipizate pentru hotele de absorbţie neglijează spectrul curgerii în zone de absorbţie de forma unui trunchi de con pentru care nu s-au stabilit relaţii de calcul între diferite dimensiuni ale hotei.

Pentru întocmirea unui breviar de calcul al hotelor de absorbţie adoptăm o formă a acesteia - susceptibilă de tratare teoretică [2, 3] formă prezentată în figura 1.

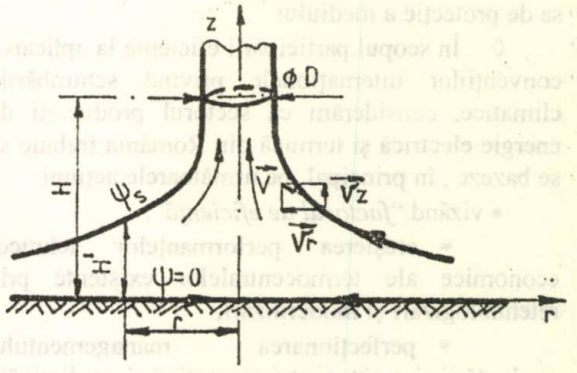


Fig.1. Schiţa curgerii în zona de absorbţie.

Curgerea este axial simetrică şi în sistemul de coordonate φ (r, z) - potenţialul mişcării şi Ψ (r, z) - funcţia de curent:

$$\varphi = (r,z) = \frac{c}{2}(z^2 - \frac{r^2}{2}); \quad (1)$$

* Facultatea de Inginerie Mecanică - Universitatea "Politehnica", Bucureşti

$$\Psi = (r,z) = \frac{c}{2} z r^2 ,$$

unde constanta c se va determina ulterior.

Distribuţia de viteze are forma:

$$v_z = \frac{\partial \varphi}{\partial z} = cz; \; v_r = \frac{\partial \varphi}{\partial r} = -\frac{cr}{2}. \quad (2)$$

Sensul vitezelor din figura 1 impune c> 0.

Debitul de aer în secţiunea ϕ D la cota H este:

$$\dot{V} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot v_z = \frac{\pi D^2}{4} (cz)_{z=H} = \frac{\pi D^2}{4} c \cdot H , \quad (3)$$

în care $2\pi rH'$ reprezintă aria secţiunii de curgere situată la distanţa r faţă de axul hotei; raportul $4r^2H'/D^2H$ trebuie să fie egal cu 1, deci se obţine:

$$H' = \frac{HD^2}{4r^2} . \quad (10)$$

Pentru H şi D constante şi cunoscute din relaţia (10) se poate determina forma hotei. Înlocuind pe r în funcţie de D în relaţia (10) se vor obţine datele din tabelul 1.

Pe baza datelor din tabel s-a reprezentat grafic funcţia $H' = f(r)$ în figura 2.

Tabelul 1

Valorile lui H' în funcţie de r

r	0,5 D	0,6 D	0,7 D	0,8 D	0,9 D	D	1,1 D
H'	H	0,694 H	0,510 H	0,390 H	0,308 H	0,25 H	0,206 H
r	1,2 D	1,3 D	1,4 D	1,5 D	1,6 D	1,7 D	1,8 D
H'	0,173 H	0,147 H	0,127 H	0,111 H	0,097 H	0,086 H	0,077 H
r	1,9 D	2 D	2,2 D	2,4 D	2,6 D	2,8 D	3 D
H'	0,069 H	0,0625 H	0,051 H	0,043 H	0,036 H	0,031 H	0,027 H

de unde rezultă valoarea constantei c:

$$c = \frac{4 \cdot V}{\tau D^2 H} . \quad (4)$$

Forma hotei se obţine din ecuaţia liniilor de curent:

$$\psi = \frac{4\dot{V}}{\pi D^2 H} \cdot r_2^2 = \text{ct.} \quad (5)$$

Fie $\Psi_0 = 0$ valoarea lui Ψ pe suprafaţa plană şi $\Psi = \Psi_s$ pe suprafaţa hotei.

Cum $\psi_s - \psi_0 \frac{\dot{V}}{2\pi}$ rezultă ecuaţia suprafeţei Ψ_s:

$$z r^2 = \frac{D^2 H}{4} \quad (6)$$

Distribuţia de viteze în hotă are expresia:

$$v_z = cz = \frac{4\dot{V}}{\pi D^2 H}; \; v_r = -\frac{cr}{2} = -\frac{2\dot{V}}{\pi D^2 H} . r \quad (7)$$

Pentru $z = H$ valoarea lui v_z devine:

$$v_z = \frac{\dot{V}}{\pi D^2 / 4} \; [\text{m/s}]. \quad (8)$$

Relaţia de calcul pentru v_r devine:

$$v_r = \frac{\dot{V}}{2\pi r H'} \cdot \frac{4r^2 H'}{D^2 H} [\text{m/s}]. \quad (9)$$

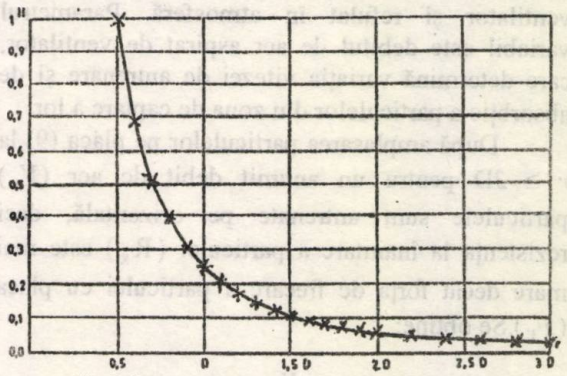


Fig. 2. Reprezentarea grafică a funcţiei $H' = f(r)$.

Alura curbei din figura 2 precizează forma suprafeţei laterale a hotei de absorbţie; din figură se observă că pentru $r > 2D$ forma hotei nu suferă modificări esenţiale, ea devenind aproximativ paralelă cu planul orizontal.

Odată precizată forma hotei trebuie cunoscută viteza de antrenare a particulelor, în vederea alegerii ventilatorului, care să asigure o bună funcţionare a hotei de absorbţie; în acest scop, autorul a conceput şi realizat o instalaţie experimentală.

2. Instalaţie experimentală

Instalaţia are drept scop determinarea vitezei de antrenare (viteză pe orizontală, v_x) şi a vitezei de absorbţie (viteză pe verticală, v_z) a unor particule de o anumită formă şi densitate.

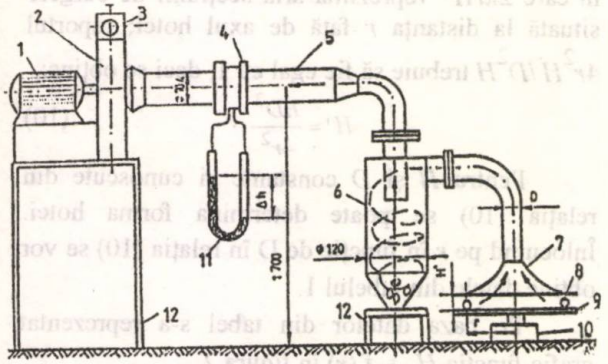


Fig. 3. Instalaţia experimentală: 1 - motor electric; 2 - ventilator centrifugal; 3 - clapetă pentru reglarea debitului de aer; 4 - diafragmă; 5 - conductă de aspiraţie; 6 - ciclon; 7 - hotă de aspiraţie; 8 - particule; 9 - placă de observare; 10 - dispozitiv de ridicare; 11 - manometru diferenţial; 12 - suporturi.

Particulele amplasate pe o placă (fig. 3) la $r = 2D$ sunt antrenate de curentul de aer către un ciclon şi ulterior separate în interiorul lui; particulele solide se depun la baza ciclonului, iar aerul curat este aspirat în continuare de un ventilator şi refulat în atmosferă. Parametrul variabil este debitul de aer aspirat de ventilator, care determină variaţia vitezei de antrenare şi de absorbţie a particulelor din zona de captare a lor.

După amplasarea particulelor pe placa (9) la $r \geq 2D$ pentru un anumit debit de aer (V_x) particulele sunt antrenate pe orizontală, deci rezistenţa la înaintare a particulei (R_x) este mai mare decât forţa de frecare a particulei cu placa (F_f).Se obţine:

$$v_x = \frac{\dot{V}_x}{2\pi rH}\ [\text{m/s}]. \qquad (11)$$

Debitul de aer V_x se determină din curba caracteristică a diafragmei, măsurând căderea de presiune pe diafragmă (Δh).

Mărind debitul de aer (V_x) particulele vor fi absorbite în hota 7 (vezi fig.3) şi ulterior introduse în ciclon. Viteza de absorbţie va fi:

$$v_x = \frac{\dot{V}}{\pi D^2 / 4},$$

în care: D este diametrul interior al conductei de legătură cu hota.

Particulele vor fi antrenate pe verticală, dacă rezistenţa la înaintare pe axa oz (R_z) este mai mare decât greutatea particulei.

Pentru cercetările experimentale efectuate în cadrul laboratorului de termotehnică au fost utilizate particule din polietilenă cu diametrul de circa 5 mm şi densitatea de 1580 kg/m^3; după efectuarea măsurătorilor au rezultat: viteza de antrenare pe orizontală v_x = 4,9 m/s şi viteza de absorbţie pe verticală v_z = 22 m/s. Ulterior, s-a verificat pe cale teoretică, prin calcul, că sunt îndeplinite condiţiile: $R_x > F_f$ şi $R_z > G$ [4,5].

Valorile rezistenţei la înaintare pe orizontală (R_x) şi a rezistenţei la înaintare pe verticală (R_z) au fost calculate cu relaţiile cunoscute în literatura de specialitate [2,4].

Concluzii

La proiectarea instalaţiei de desprăfuire uscată (cu cicloane) alegerea tipului de ventilator se va face numai după ce au fost dimensionate corect hotele de absorbţie; această dimensionare se referea atât la forma hotei, cât şi la amplasarea ei [2,4] faţă de sursa de poluare.

Calculul aerodinamic al hotelor, precum şi al instalaţiei de transport şi separare necesită determinări experimentale privind viteza de antrenare şi de absorbţie a particulelor solide.

BIBLIOGRAFIE

[1] Dănescu, Al., Băran, Gh., Băran, N. *Cercetări de laborator privind viteza de cădere a particulelor de praf de cărbune.* In: Energetica, vol.XXXV, iunie 1987, p. 265-268, Bucureşti.

[2] Bratu, E. *Operaţii şi utilaje în industria chimică.* Vol.I şi II. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1969.

[3] Carafoli, V., Constantinescu, N. *Dinamica fluidelor incompresibile.* Ed. Academiei Bucureşti, 1981.

[4] Florea,J., Robescu, D. *Hidrodinamica instalaţiilor de transport pneumatic şi de depoluare a apei şi aerului.* Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1982.

[5] Slat, R. *Terminal velocity formula for abjects in a viscous fluid.* In: Journal ofHidraulic Research 22, 1984, nr. 4, p. 235-245.

Referent: ing. Steliana Candiani - GSCI

(Primit la 27 noiembrie 1996, acceptat la 24 februarie 1997)

INVESTIGAREA STĂRII TEHNICE A BETONULUI DIN SUPRASTRUCTURA COŞULUI DE FUM NR.2 - CET IŞALNIŢA

ing. FLORIN BOIAN , ing. SORIN ZBARCEA*

Se prezintă investigaţiile privind structura coşului de fum de la centrala Işalniţa (I) în vedeea determinării obiective a stării reale a acesteia, precum şi a caracteristicilor fizico-mecanice actuale ale betonului construcţiei.

Expertizarea tehnică efectuată a permis luarea unei decizii fundamentate privind renunţarea la această construcţie în viitorul apropiat .

The research work regarding the structure of the Işalniţa power plant stack was carried out in order to: establish the actual condition of the stack, as well as the phsyical and mechanical characteristics of the construction concrete.

The technical experts examination enabled the making of an utmast important decision regarding the giving up to this construction in the near future.

Descriptori: expertiză tehnică, beton, armături, structuri, metode şi tehnici de investigaţie

1. Construcţia

Coşul de fum de la F.E. Işalniţa se încadrează în categoria "foarte mari", se află în exploatare de cira 30 ani şi este de clasa I de importanţă constructivă. Este un coş simplu, fără spaţiu de vizitare a coşului portant, cu înălţimea supraterană de circa 200 m; este alcătuit din fundaţie, soclul tronconic şi suprastructură.

Suprastructura este elementul de rezistenţă, cuprins între cotele 31,00 . . . . 200,00, şi este alcătuită dintr-o pânză tronconică executată prin glisare din beton armat marca B 400 (fig.1).

Grosimea peretelui variază în trepte de 2 cm/10 m de la 50 cm la 18 cm. Zidăria de protecţie antiacidă de la interior se reazemă pe console scurte la interval de 10 m pe verticală şi este separată de peretele de rezistenţă printr-un strat termoizolant cu grosimea de 2 - 4 cm din praf de kiselgur.

Fig.1. Suprastructura coşului de fum.

* GSCI - Centrul de Inginerie

Într-o primă etapă au fost efectuate investigaţii de teren relativ simple, cu mijloace tehnice şi costuri reduse, care au cuprins: examinarea vizuală, cartarea defectelor vizibile, înregistrarea pe casetă video a aspectului interior şi exterior, sclerometrare şi determinarea prin metode electromagnetice a poziţiei armăturii. Pentru a examina starea armăturii de rezistenţă, local, betonul de acoperire a fost îndepărtat cu ajutorul unei roto-percutante cu mică putere. Operaţiunea înregistrată pe casetă a pus în evidenţă un beton friabil, degradat, în totală contradicţie cu rezultatele mai mult decât satisfăcătoare obţinute prin sclerometrare. Această situaţie, coroborată cu fisurile verticale inexplicabile la aceea dată, l-a determinat pe beneficiar să solicite extinderea investigaţiilor de teren şi laborator, pentru determinarea corectă şi completă a caracteristicilor betonului. În acest scop a fost solicitat personalul Laboratorului de Materiale şi Încercări Stare Construcţii.

Scopul investigaţiei a fost determinarea stării reale a structurii, precum şi a caracteristicilor fizico-chimice şi mecanice actuale (după 30 ani de exploatare) ale betonului din structura de rezistenţă, în vederea expertizării tehnice a coşului.

2. Obiectivele investigaţiei extinse

Obiectivul lucrării a constat în extragerea unui număr semnificativ de carote, care să permită:

- un set complet de determinări fizico-chimice;
- determinări mecanice;
- starea armăturii şi conlucrarea cu betonul;
- existenţa armăturii la faţa interioară a peretelui;
- măsurători punctuale şi globale de temperatură;
- cunoaşterea stării de fisuraţie .

În cadrul a două campanii de teren (ianuarie şi mai 1996), însumând circa 100 zile-om deplasare, au fost extrase un număr de 45 carote, cu lungimea totală de 1380 cm. Diametrul net al carotelor a fost de 65, 93 sau 124 mm. Pe baza unui program detaliat de laborator, din carotele extrase au fost debitate 124 probe, destinaţia lor fiind indicată în tabelul 1 (fig. 2).

Tabelul 1

Destinaţia probelor debitate din carotele Işalniţa 1996

Cota	Număr carote [buc.]	Lungime totală [mm]	Număr probe [buc.])	Rezistenţe la compresiune	Rezistenţe la întindere	Gelivitate	Analize chimice
0,00	6	252	12	6	1	1	4
50,00	20	588	45	6	1	2	36
100,00	14	415	43	7	1	2	33
150,00	5	123	24	3	-	-	21

Fig. 2. Urma carotelor 5 şi 7 la cota 50,00.

La efectuarea determinărilor au participat următoarele instituţii:

- Laboratorul Central S.A. pentru determinarea compuşilor chimici de coroziune;

• Institutul Naţional de Cimenturi - CEPROCIM S.A. - pentru analize fizico-chimice instrumentale cuprinzând: analize chimice clasice, microscopie optică prin reflexie, microscopie optică în lumină polarizată, difracţie de raze X;

• TEHNOSISTEM S.A. - pentru termoviziunea în infraroşu şi măsurători punctuale de temperatură;

• S.C. ALPINEXPERT - pentru excaladarea coşului;

• GEOTEC S.A. - pentru debitarea probelor.

3. Rezultate obţinute

3.1. Măsurătoarea globală de temperatură, acoperind întreaga suprafaţă exterioară a coşului, efectuată prin termofotografiere în spectrul infraroşu, a relevat un câmp relativ uniform de temperatură. La scara coşului, termoizolaţia prezintă o comportare omogenă. Slaba eficienţă a acesteia a fost pusă în evidenţă prin măsurători punctuale de temperatură, astfel:

- temperatura aerului: 19°C;
- temperatura pe suprafaţa exterioară: 28-32°C;
- la diferite adâncimi în beton: 35 - 75°C;
- în stratul termoizolant : 90 - 100°C;
- la nivelul zidăriei: 105°C.

3.2. Existenţa armăturii la faţa interioară, în zona presupus nearmată între consolele scurte, a fost demonstrată prin carotare, lucrând cu carotiera la circa 4 m deasupra pasarelei de la cota 50.

3.3. Suprafaţa exterioară a suprastructurii prezintă trei sisteme de fisuraţie:

- reţea neregulată de ordinul decimetrilor şi deschidere de 0,1 - 0,5 mm. Caracterizează numai stratul de beton de acoperire. Sunt cauzate de coroziunea chimică a betonului;
- o serie de 30 fisuri verticale, dispuse la intervale egale în planul tijelor de glisare (fig.3). Străbat peretele de beton pe toată grosimea. Se dezvoltă, practic, pe toată înălţimea suprastructurii, începând de la cota 25 ... 30;
- un număr redus de fisuri orizontale cu lungimi de ordinul metrilor, situate în sectorul estic, între cotele 65 ... 75.

3.4. Un număr de 13 carote conţin defecte grosiere de structură a betonului (fig. 4), iar un număr de 18 carote conţin defecte de armare, respectiv bare libere şi bare oxidate. De menţionat că efectele de structură au fost evitate, pe cât posibil, pentru obţinerea unor probe concludente.

3.5. Principalele rezultate ale analizelor de laborator sunt centralizate în tabelele 2 şi 3.

Tabelul 2

Caracteristicile mecanice ale betonului

Încercarea	Număr încercări	Domeniul	Media
Rc - determină distructiv - carote	22	25,8 - 58,0	41,3 N/mm^2
Rc - metoda ultrasonică - carote	7	26,3 - 59,6	47,2 N/mm^2
Ed - metoda ultrasonică - carote	7	30,100 - 43,600	39,000 N/mm^2
Rt - prin despicare carote	3	2,1 - 3,8	2,9 N/mm^2
Rc - după 150 cicluri îngheţ - dezgheţ	5	30,5- 54,9	36,1 N/mm^2

Tabelul 3

Conţinutul de compuşi chimici de coroziune

Determinarea	Exterior	Centru	Interior
Indice de bazicitate pH	7 - 9	10 - 11,5	6 - 7
Cloruri [mg/kg]	170 - 220	165 - 195	140 - 190
Sulfaţi totali [mg/kg]	7800 - 13500	6800 - 10800	10900 - 42000
Sulfaţi solubili [mg/kg]	180 - 13000	150 - 4300	2000 - 33000

Din aceste măsurători rezultă un coeficient de conducţie termică sensibil mai mare faţă de valoarea normală (1,5 - 2 în loc de 1,0 - 1,5); cauza acestui fenomen este procesul de convecţie termică, favorizat de defectele de structură ale betonului.

3.6. Carotarea a urmărit străpungerea peretelui de beton pe toată grosimea, rezultând carote cu lungimea de 410 mm. În felul acesta a fost depistată armătura de la faţa interioară a peretelui şi s-a pus în evidenţă distribuţia compuşilor chimici de coroziune pe grosimea peretelui (tabelul 3). De asemenea, a fost demonstrată existenţa fisurilor transversale ale peretelui (vezi fig. 3).

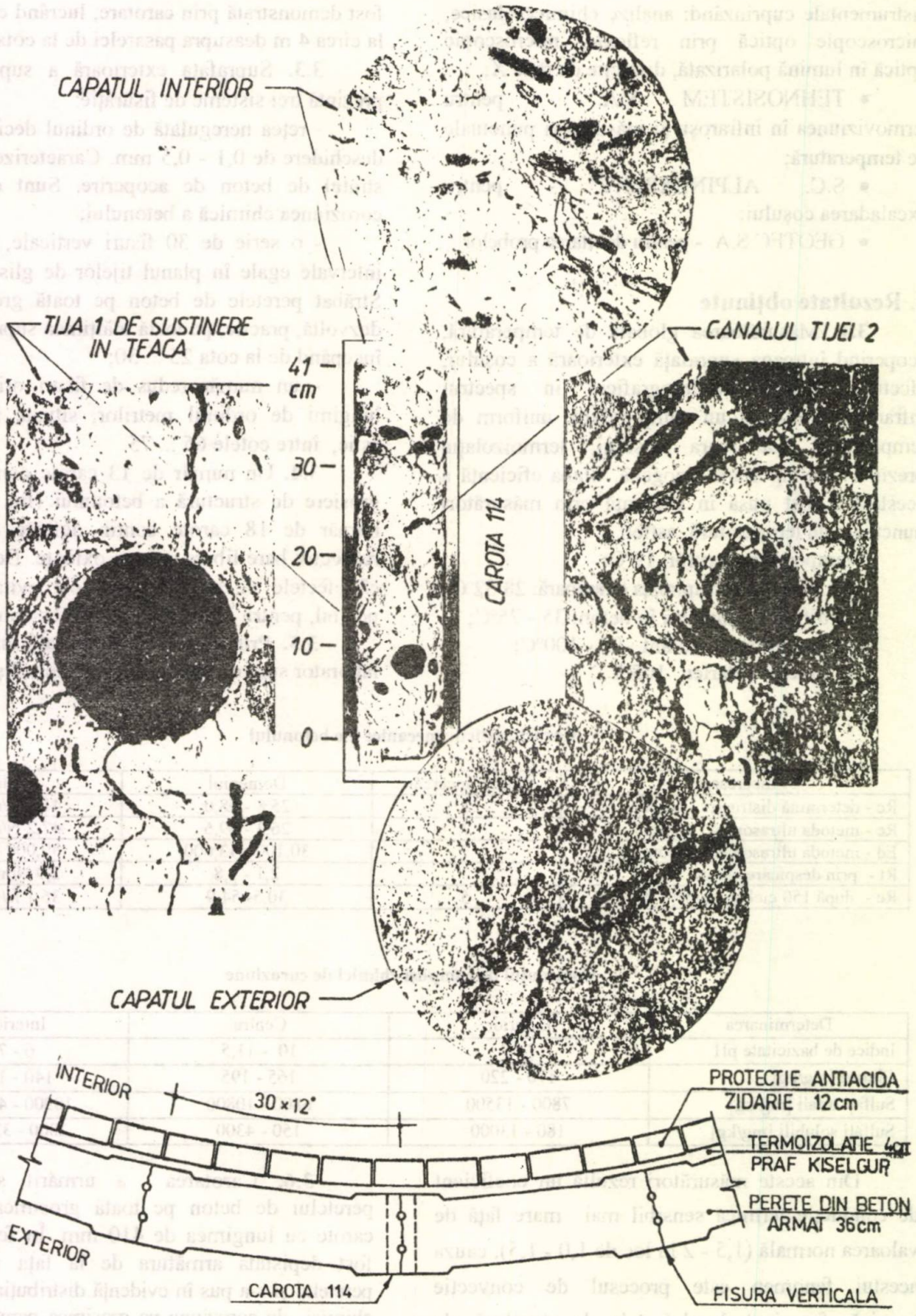


Fig. 3. Secţiune orizontală prin suprastructura coşului - cota 101,50.

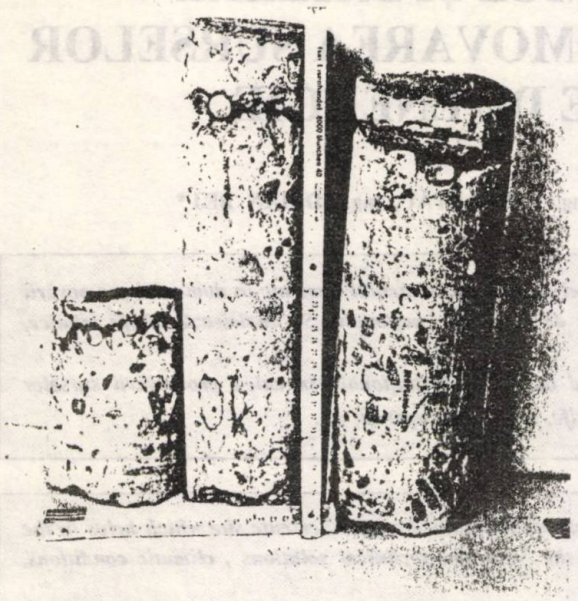


Fig. 4. Carote cu defecte de structură.

Concluzii

4.1. Evaluarea datelor experimentale a fost îngreunată de lipsa datelor de referinţă, informaţiile de la execuţie fiind foarte sumare. Incertitudinea asupra existenţei armăturii la faţa interioară este semnificativă.

4.2. Investigaţia efectuată a pus în evidenţă defecte de structură - provenind de la execuţie - şi un sistem de fisuraţie - cauzat de diferenţele de temperatură - care afectează nefavorabil siguranţa structurii, fiind totodată greu de modelat matematic.

4.3. Starea actuală a betonului este cauzată de lipsa măsurilor de protecţie; chiar şi protecţia termică (singura aplicată) s-a dovedit puţin eficientă în practică. Betonul analizat prezintă un grad avansat de corodare chimică, dar care se manifestă cu totul particular, în conformitate cu condiţiile particulare în care este exploatată structura coşului de fum. Un exemplu: blocarea ionilor OH de către suflaţi, coroborată cu umiditatea redusă a unei structuri calde, a redus riscul de oxidare a armăturilor.

4.4. Aplicarea, în această fază, a măsurilor de tratare şi protecţie este tardivă. Compuşii de coroziune, în special suflaţii alcalini solubili, au difuzat în masa betonului, în special în zona defectelor de structură (segregări) sau cu defecte mecanice (în lungul planurilor de fisuraţie). În această situaţie pregătirea stratului suport este, dacă nu imposibilă, cel puţin extrem de scumpă.

4.5. Rezultatele obţinute au justificat din plin eforturile făcute pentru obţinerea lor, beneficiarii lucrărilor fiind tot mai sensibili faţă de importanţa acestor probleme. Totuşi, greutăţile întâmpinate în contractarea lucrărilor denotă încă disfuncţionalităţi sensibile în sistemul supravegherii siguranţei construcţiilor.

4.6. Expertiza tehnică efectuată pe baza acestor investigaţii extinse a putut formula concluzii bine fundamentate asupra nivelului de siguranţă şi a măsurilor ce se impun.

Referent: dr. ing. Lucian Lefter - GSCI

(Primit la 4 august 1997, acceptat la 5 septembrie 1997)

EXPERIENŢE TEHNICE ŞI BARIERE INSTITUŢIONALE ÎN PROMOVAREA SURSELOR AEROELECTRICE DE ENERGIE

prof. dr. ing. FRANCISC GYULAI , prof. dr. ing. ION SANTĂU, ing. ADRIAN BEJ *

În prima parte a lucrării se prezină o sinteză a experienţei de pe amplasamentul Semenic în domeniul promovării agregatelor aeroelectrice de medie putere racordate la reţeaua de distribuţie naţională. Se analizează soluţii tehnice, condiţii climatice, defecte, disponibilitate etc.

În a doua parte se exprimă puncte de vedere privind barierele instituţionale în calea promovării surselor regenerabile în România. Se fac referiri la proprietate, taxe şi tarife, fabricaţie, reparaţii etc.

In the first part of the paper presents a synthesis of the experience gained on the Semenic site which helps in the promotion of the medium voltage aerogenerators connected to the NPS. The technical solutions , climatic conditions, failures, availability, etc. are analysed.

The second part of the paper presents the points of view referring to institutional barriers usage against renewable sources promotion in Romania. References are made to ownership, taxes and tariffs, manufacturing, repairs, etc.

Descriptori: surse aeroelectrice de energie

1. Introducere

Problematica producerii energiei electrice în unităţi dispersate, cu referire şi la sursele regenerabile, este deosebit de complexă, cu implicaţii tehnice, economice, politice şi juridice. Ea este însă subordonată problemei mai generale a trecerii de la economia centralist planificată la cea de piaţă, bazată pe proprietate privată. Problema care se pune este dacă descentralizarea şi privatizarea trebuie extinsă şi la sistemul energetic sau dacă acesta trebuie menţinut în regim de monopol de stat pe o durată îndelungată. Teama de schimbare şi supraevaluarea riscului ei duc la opţiunea amânării schimbării fără termen, cu motivaţii din sfera "scurităţii naţionale".

Nu avem informaţii suficiente pentru a trata întreaga problematică, prezentăm doar câteva aspecte privind dezavantajele centralismului monopolist, mai ales în cazul surselor regenerabile.

Sistemul centralizat, cu dispecer naţional investit cu puteri discreţionale, sacrifică optimul economic şi chiar tehnic al producătorilor de energie, mai ales în sfera hidroenergeticii, dezavantaj care se va extinde şi asupra altor surse regenerabile.

Politica de preţuri practicată la nivelul producătorilor de energie nu stimulează investiţiile în surse regenerabile (centrale hidro, centrale cu acumulare prin pompaj, centrale aeroelectrice etc.). Nepenalizarea poluării este o componentă a acestei politici. Unităţile dispersate trebuie să atragă capital privat. Acest proces se va produce doar în condiţiile unei rentabilităţi adecvate. Este puţin probabil ca unităţile dispersate să dispună de acumulări de energie, deci ele trebuie acceptate în reţea ca centrale de bază, în condiţiile aleatoare ale debitului pe firul apei, respectiv ale vitezei vântului. Energia de vârf realizată prin pompaj trebuie plătită suplimentar sau adusă din import.

* Universitatea Tehnică Timişoara - Centrul de Cercetare pentru Aeroenergetică

Prezentăm în continuare câteva rezultate de cercetare-dezvoltare în domeniul aeroenergeticii pe amplasamentul Semenic, urmate de comentarii privind dificultăţile promovării acestei surse în România.

2. Rezultate ale experienţei Semenic

2.1. Amplasamentul

Studiile Centrului de Cercetare pentru Aeroenergetica din Timişoara [1] în colaborare cu ICEMENERG Bucureşti au calificat muntele Semenic ca un amplasament favorabil pentru o centrală aeroelectrică, alături de zona litoralului.

Dintre amplasamentele montane, Semenicul se distinge prin altitudine moderată (1400 m), prin acces amenajat (şosea asfaltată până la amplasament) şi prin regimul de vânt favorabil, apropiat de cel din zona Mării Nordului. La cota de 30 - 40 m de la sol viteza medie a vântului este de circa 8 m/s. Datele de asigurare a vântului la aceste cote sunt:

v [m/s]	t [ore/an]
< 4	2 160
4 - 7	1 900
7 - 12,5	3 000
12,5 - 25	1 350
> 25	350

Deci un agregat de vânt pe acest amplasament poate funcţiona circa 6250 ore/an, producând circa 2 790 kWh/kW_i/an, considerând disponibilitate de 100 % a agregatelor.

Pe o arie la sol de circa 3,6 km^2 viitoarea centrală aeroelectrică Semenic permite realizarea unei puteri instalate de aproape 100 MW cu o producţie anuală de 220 000 MWh/an (la disponibilitate de 0,8) la un cost al energiei sub 30 $/MWh, considerând o investiţie specifică de 1000 $/$kW_i$ şi o durată de exploatare de 20 ani.

Studiul întocmit de Centrul de Cercetări biologice din Cluj (dr. A. Filipescu) nu identifică nici un efect negativ ecologic al viitoarei centrale.

În comparaţie cu o centrală termică, centrala aeroelectrică Semenic reduce poluarea zonei cu circa 310 000 tone/an poluanţi gazoşi şi 570 000 tone/an praf.

Alte informaţii se găsesc în [1].

Condiţiile climatice pe Semenic sunt vitrege, prin umezeala ridicată (90 %) şi prin iernile capricioase (zăpadă, chiciură), ceea ce afectează echipamentele.

Amenajările hidroenergetice din zonă permit o avantajoasă conlucrare între acestea şi centrala aeroelectrică.

Alte amplasamente studiate în zona Banatului [1] permit instalarea unei puteri totale de 1 200 MW. Aamplasamente favorabile au fost localizate de ICEMENERG şi în Munţii Făgăraş şi pe litoralul Mării Negre.

2.2. Agregatele aeroelectrice experimentale de pe Semenic

În perioada 1984 - 1996 au fost finalizate patru agregate aeroelectrice experimentale cu putere unitară instalată de 300 kW, diametrul turbinei 30 m, înălţimea stâlpului 30 m. Unul din cele patru agregate este exploatat de FRE Reşiţa, două modele experimentale sunt în fază de cercetare în programul Centrului de Cercetre pentru Aeroenergetică şi unul în programul Hidrotim S.A. Timişoara.

Agregatele au fost fabricate de C.M. Bocşa pe baza proiectelor HIDROTIM S.A. Timişoara, ISPH, IPROTIM şi CCAE, cu contribuţii ale ICEMENERG Bucureşti.

Programul complex a urmărit mai multe obiective ştiinţifice, realizate succesiv la cele patru agregate:

- cercetări privind tipul de fundaţie adecvat zonei montane;
- cercetări privind prizele de pământ în condiţiile specifice ale solului ;
- diferite construcţii de stâlpi de susţinere;
- aerodinamica paletajului turbinei, construcţia turbinei, tehnologia paletelor;
- reglarea paletelor;
- soluţie fără reglaj de pală, respectiv reglarea puterii prin desprindere de strat limită;
- linii de maşini discrete şi linii integrate;
- plasarea turbinei aval sau amonte de stâlp;
- influenţa turaţiei turbinei;
- multiplicator de turaţie discret şi integrat;
- frânare mecanică şi frânare aerodinamică;
- paleta monopiesă şi paleta fracţionată în două tronsoane;

- optimizarea sistemelor de protecţie şi automatizare;

- exploatarea în regimuri extreme;

- studii de durabilitate, statistica defectelor.

Variantele de rezolvări tehnice pot fi urmărite în anexă.

2.3. Constatări privind comportarea în timp a agregatelor

Până în prezent este acumulată o experienţă în exploatarea primelor două agregate, primul aflat în fază de experimentare de către CCAE, iar al doilea în regim industrial la FRE Reşiţa. Celelalte două agregate se găsesc în fază de punere în funcţiune.

Performanţele energetice ale agregatelor confirmă prevederile cercetărilor. În figura 1 pot fi urmărite caracteristicile celor două tipuri de turbine care echipează agregatele. Au fost suprapuse curbele de frecvenţă ale vântului într-un an mediu meteorologic.

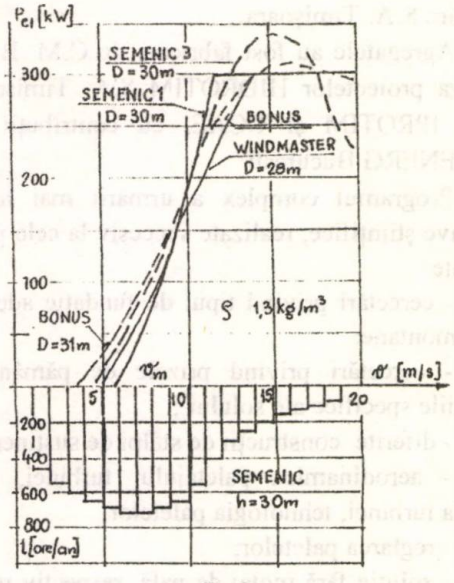


Fig. 1.

Numărul de ore de exploatare, de circa 600 în trei ani, la agregatul FRE duce la un coeficient de disponibilitate foarte scăzut, ceea ce pune sub semnul întrebării capacitatea noastră de a asimila noua tehnologie. Pot fi trase de aici concluzii pripite de renunţare la energetica eoliană sau la fabricaţia de agregate în ţară.

În această perioadă a fost realizată, totuşi, o producţie de energie de 72 000 kWh.

Una din cauzele disponibilităţii scăzute este frecvenţa defectelor. Urmărirea durabilităţii la agregatul 1 a dus la următoarele constatări: din 86 defecte analizate 50 % au fost localizate la sistemul electric de control şi comandă, 25 % pe linia de maşini (cuplaje, frâne, transmisii cu curele), 7 % la sistemul de orientare, 6 % la sistemele de acţionare hidraulică.

Defectele majore la acest agregat au fost localizate astfel:

- grupul de acţionare a paletelor la reglaj, montat în exteriorul rotorului şi supus la acţiunea intemperiilor, a avut defectări la organele de prindere (ruperi cauzate de execuţii neîngrijite sau din cauza fragilizării la temperaturi scăzute);

- frâna de serviciu de tip bandă la o frânare de durată, cauzată de un reglaj incorect, a fost distrusă prin supraîncălzirea tamburului.

Nu au apărut defecte la paletele turbinei de vânt, la lagăre, la transmisia principală (RENK), la generatorul electric.

La agregatul nr. 2 au fost constatate următoarele defecte majore:

- deteriorări la frâna principală;

- deteriorări la grupul de acţionare a reglajului paletelor;

- arderea generatorului electric;

- ruperea prezoanelor de fixare a unui ansamblu palctă-lagăr de susţinere desprinderea acestui ansamblu, cu mai multe efecte secundare cauzate de vibraţii.

Analizând defectele înregistrate în Danemarca la un parc de 2375 agregate [5] (958 defecte apărute în cursul trimestrului I - 1993, deci o frecvenţă medie de 1,5 defecte/an şi agregat), rezultă:

- 43 defecte la paletaj din care opt distrugeri sau defecte majore;

- 149 defecte au apărut în sistemul electric de control şi 90 sunt defectări ale reţelei electrice;

- 68 defecte sunt localizate la sistemul de orientare;

- 161 defecte sunt localizate la linia de maşini, din care 125 la generatorul electric şi frâne;

- 7 defectări au apărut la stâlp şi fundaţii.

Producţia de energie în cursul acestui trimestru a fost de 216 MWh.

Analizând cauzele defectelor am ajuns la următoarele concluzii:

• Unele defecte provin din execuţii neîngrijite ale unor componente (reductoare, maşină electrică, echipamente de conexiuni, organe de asamblare), care reflectă sistemul de urmărire a calităţii în anii 1985 - 1993, perioadă în care au fost realizate componentele. Nu a apărut nici o avarie la structura metalică sudată, nici la structurile nacelei, nici la structura sudată a paletelor.

• Se precizează că în componenţa agregatului sunt integrate componente din fabricaţia curentă de serie a industriilor specializate: relee electrice, contactoare, generatorul electric, cuplaje electromagnetice, traductoare, reductoare, lagăre cu bile, organe de asamblare.

• Controlul calităţii acestor componente la intrarea în uzina coordonatoare nu a fost la îndemâna acesteia.

• Unele defecte au fost cauzate de montajul insuficient controlat, mai ales la organele de asamblare.

• Exploatarea agregatului în condiţiile începutului, în paralel cu şcolarizarea personalului tehnic, cu frecvenţă relativ mare a "defectelor de tinereţe", în condiţiile nepunerii în funcţiune a automaticii, a căderii frecvente a reţelei electrice din cauza condiţiilor climatice a supus agregatul la probe dure, la şocuri de solicitare, frânări etc. Nu a fost conceput încă un sistem stabilizat de revizii şi reparaţii.

• Condiţiile climatice montane specifice altitudinii de 1400 m au intervenit în cauzele defectelor prin comportarea echipamentului electric insuficient protejat pentru aceste condiţii şi prin fragilizările unor materiale la temperaturi de până la - 30^0. Oţelurile utilizate au garanţii incerte la temperaturi scăzute în ceea ce priveşte rezilienţa.

• Proiectarea şi cercetarea se implică în cauzele defectărilor prin lipsa de experienţă şi neprevederea unor condiţii specifice zonei alpine şi structurilor de susţinere ale unei linii de maşini în vârful unui stâlp, într-o perioadă în care schimbul de informaţii cu vestul era încă limitat şi când cooperările prin import de componente erau excluse. Liniile de maşini insuficient de rigide au generat vibraţii parazite. Au fost tratate influenţele factorilor de climă: umezeala şi temperaturile negative.

• Defectele pot fi prevenite printr-un sistem de revizii periodice, controlul vibraţiilor, echilibrări dinamice, evitarea exploatării în condiţii de temperaturi foarte scăzute sau la apariţia chiciurii, evitarea şocurilor cauzate de cuplarea la reţeaua electrică, controlul frânării la aruncarea de sarcină, reducerea frecvenţei acesteia etc.

• Frecvenţa defectelor nu este însă singura cauză a disponibilităţii scăzute. La aceasta contribuie şi timpul de remediere a defectelor, domeniu în care industria daneză a obţinut performanţe spectaculoase. În cazul nostru acest sistem de intervenţie rapidă nu a putut fi organizat încă. Acest sistem poate fi evitat chiar dacă apelăm la importul de agregate.

Funcţionarea sistemelor de automatizare şi conducere şi reglarea corectă a acestora este o componentă indispensabilă a exploatării corecte. Este şi calea prin care pot fi reduse costurile de exploatare.

3. Bariere instituţionale

În condiţiile în care pe plan mondial eficienţa sursei de energie eoliană este dovedită, iar pe plan intern este, de asemenea, dovedit potenţialul competitiv al zonelor montane şi al litoralului, se pune întrebarea de ce persistă incertitudinea în promovarea acestei surse în România.

Lipsa unei opţiuni strategice după 1989 este principala cauză. Concretizarea acestei opţiuni, în cazul în care ea va fi favorabilă promovării, prin prevederi legale clareşi stimulatoare pentru investiţii private ar fi următorul pas spre clarificare. Un alt treilea pas, tot la nivel de strategie ar fi identificarea concretă a unor amplasamente pentru centrale aeroelectrice, printr-o selectare de priorităţi din cele posibile şi reglementarea concesionării dreptului de investiţii pe aceste amplasamente. Experienţa din California arată că, după clarificări legislative de acest gen, afluxul de capital privat a fost spectaculos, presa asemănându-l cu goana după aur dintr-o epocă anterioară.

În Danemarca există fermieri care pe pământul lor au amplasat câteva agregate aeroelectrice de tip industrial, racordate la reţeaua publică şi sunt mulţumiţi de rentabilitatea acestei investiţii.

Penalizarea poluării centralelor termoelectrice şi nuclearoelectrice prin extinderea în România a legislaţiei iniţiate pe plan mondial, cunoscută sub termenul de "taxa pe carbon", ar aduce centralele aeroelectrice în zona rentabilităţii economice.

Problemele tehnice urmează după cele strategice, schiţate mai înainte. A motiva incertitudinea în promovarea surselor regenerabile de energie prin imaturitatea noastră tehnică este un fals. Desigur, există şi bariere instituţionale specifice acestui nivel.

Ministerul Cercetării şi Tehnologiei, prin Comisiile de energie şi construcţia de maşini, a promovat cercetarea ştiinţifică în acest domeniu pe baza orientărilor europene. Au fost realizate valoroase schimburi de informaţii cu comunitatea europeană. Este în curs de finalizare şi un studiu de strategie prin program FARE. Experienţa SEMENIC este un rezultat valoros pentru afirmarea competenţei româneşti. Insatisfacţiile faţă de speranţe se datorează unor cauze care depăşesc cadrul strict al competenţelor ştiinţifice şi tehnice. Discontinuităţile în derularea programelor de cercetare, cauzate de sistemul de finanţare, au dus la fragmentări în rezolvarea unor probleme complexe, la instabilitatea colectivelor de cercetare. Cu toate că s-a realizat conlucrarea necesară între cercetare, proiectare, execuţii în uzine, lucrări pe amplasament, exploatare, coordonarea acţiunilor, doar de echipele de cercetare-proiectare, fără implicarea activă a unui beneficiar, nu au putut ridica această conlucrare la un nivel de creativitate necesar. Funcţia de beneficiar al FRE-Reşiţa este incertă ca perspectivă, întreprinderea nefiind stimulată în nici un fel pentru faptul ca participă la promovarea unei surse noi.

Uzina care a realizat agregatele experimentale (Construcţii Metalice Bocşa) nu are certitudinea unei viitoare pieţe interne şi în aceste condiţii nu poate investi în retehnologizări, care să îmbunătăţească calitatea fabricaţiei. În condiţiile fabricării unui unicat nu pot fi obţinute garanţii pentru componentele achiziţionate de pe piaţă, de exemplu echipamentele electrice la altitudini de peste 1000 m, şi nici pentru oţeluri la temperaturi scăzute. La construcţia centralei hidroelectrice Porţile de Fier au fost importate laminate cu garanţii de rezilienţă la temperaturi de - 24°C pentru reperele de risc de defectare la temperaturi negative.

Sistemul de cooperare practicat până în prezent în cadrul programului de cercetare s-a bazat pe coordonarea organismului de cercetare-proiectare, care a apelat la cooperarea unor uzine, antreprenori, firme de montaj. Viitorul beneficiar nu a fost implicat suficient sau aproape deloc. Acest sistem este defectuos prin diluarea responsabilităţii şi incapacitatea coordonatorului de a cuprinde organizatoric toate relaţiile. Ar fi mai eficient ca polul coordonator să fie un viitor beneficiar, care atrage în acţiune cercetarea ştiinţifică, proiectarea, executanţii, furnizorii, antrepriza de construcţii, urmărind sistematic strategia finală: agregat eficient economic prin disponibilitate, mentenabilitate, fiabilitate. Deciziile critice pe parcursul programului de cercetare-dezvoltare în acest caz s-ar lua cu o implicare responsabilă a tuturor participanţilor la acţiune. Un astfel de sistem organizatoric cere alt sistem de finanţare, probabil unul mixt, de investiţii subvenţionate parţial de stat sau investiţii străine pe bază de concesionări.

Toate acestea sunt preliminarii faţă de problemele ridicate de conlucrarea furnizorilor de energie privaţi (dispersaţi), cu o reţea de distribuţie zonală sau naţională, administrată tot în regim concurenţial. Suntem convinşi că acest sistem poate fi organizat pe baze economice şi va fi mult mai competitiv decât cel actual. Condiţia este să se accepte concurenţa, să nu fie un sistem protecţionist, să se accepte falimentul.

Anexă

Caracteristicile comparative ale celor patru agregate de 300 kW de pe Semenic

Caracteristici	Agregatul 1	Agregatul 2	Agregatul 3	Agregatul 4
Diametrul turbinei [m]	30	30	30	31
Înălţimea stâlpului [m]	30	30	30	30
Masa totală [tone] din care: - stâlpul [t] - nacela echipată [t]	128 69 59	92 51 41	62 35 27	58 35 23
Turaţia [rot/min]	reglabilă 25 - 37/33 -50	- 50	- 50	- 50
Poziţia rotorului faţă de stâlp	aval	amonte	amonte	amonte
Paletaj: - număr de pale - soluţie aerodinamică - tehnologie	3 nefracţionat OPSM-7 oţel, construcţie sudată, aviatică	3 nefracţionat OPSM-7 oţel, construcţie sudată, aviatică	3 fracţionat TVFI/7 structură de oţel, învelitoare PAFS	3 nefracţionat OPSM-7 oţel, construcţie sudată, aviatică
Transmisie	ncintegrată *1) fabr. Renk-Reşiţa* *2) curele trapezoidale*	ncintegrată *fabr. Renk-Reşiţa*	integrată *fabr. Renk-Reşiţa*	integrată *fabr. Renk-Reşiţa*
Butuc	construcţie sudată	construcţie sudată	construcţie sudată	construcţie sudată
Arbore şi lagăre ale turbinei	neintegrat susţinere pe osie şi arbore de torsiune	ca la agregatul 1 cu modificări constructive	integrat	integrat
Generatoare electrice	două generatoare asincrone de 55 kW şi 250 kW cu cascade suprasincrone în circuitele rotorice	un generator asincron de 315 kW	un generator asincron de 315 kW	un generator asincron de 315 kW
Frâne	două frâne: - de serviciu cu tambur şi ridicător hidraulic; - de avarie pe arborele turbinei, tip disc cu ridicător hidraulic cu pistoane multiple (cu gospodărie de ulei) ; - declanşare centrifugală	două frâne: - de serviciu cu tambur şi ridicător hidraulic; - de avarie pe arborele turbinei, tip disc cu ridicător hidraulic cu pistoane multiple (cu gospodărie de ulei) ; - declanşare centrifugală	două frâne: - de serviciu cu disc şi saboţi acţionaţi hidraulic (declanşator centrifugal) - aerodinamică prin intermediul fracţiunilor mobile de palete	două frâne: - de serviciu cu tambur şi ridicător hidraulic
Reglarea paletelor	cu sistem de reglare amplasat pe rotor cu acţionare electromecanică	cu sistem de reglare amplasat pe rotor cu acţionare electromecanică	nereglat (cu fracţiune mobilă)	cu reglaj. Mecanismul de reglare primeşte mişcarea de la un sistem electromecanic situat în nacelă
Lagăr de orientare	cu bile pe patru căi acţionare electromecanică	soluţii asemănătoare cu agregatul 1	soluţii asemănătoare cu agregatul 1	soluţii asemănătoare cu agregatul 1
Cablaje	fixe cu colectoare pentru forţă şi comandă	soluţii asemănătoare cu agregatul 1	soluţii asemănătoare cu agregatul 1	soluţii asemănătoare cu agregatul 1
Dupaluri electrice	parţial în nacelă, parţial în casa de comandă	parţial în nacelă, parţial în casa de comandă	parţial în nacelă, parţial la baza stâlpului, în stâlp	parţial în nacelă, parţial la baza stâlpului, în stâlp
Conducere	cu calculator ECAROM înlocuit cu PC	cu relee	cu microprocesor	cu microprocesor
Stâlpul	tronson cilindric sprijinit pe un tetrapod în construcţie chesonată	tronsoane cilindrice şi tronson conic la bază cu sudură de şantier	trei tronsoane cilin-drice de diametre diferite asamblate prin flanşe	trei tronsoane cilindrice de diametre diferite asamblate prin flanşe
Circulaţie pe verticală	trepte în spirală	scară de pisică cu podeţe de odihnă din 3 în 3 m	trepte în spirală	trepte în spirală
Aparate de ridicat	monorai în nacelă. Posibilitatea deschiderii nacelei prin ogiva din faţă	monorai în nacelă. Posibilitatea manevrării echipamentelor printr-o trapă din podeaua nacelei	fără	fară
Aparate de măsură	anemometre şi direcţionale în faţa nacelei. Turometre , torsiometru, traductor de vibraţii, senzori de temperatură	soluţii asemănătoare cu agregatul 1	soluţii asemănătoare cu agregatul 1	soluţii asemănătoare cu agregatul 1
Fundaţii	de greutate din patru blocuri distincte	de greutate cu lest	încastrată	încastrată
Prize de pământ	centură dublă de priză de pământ	priză în fundaţie	priză în fundaţie	priză în fundaţie
Montaj	cu automacara Paletajul: Paletă cu paletă cu ham special	soluţii asemănătoare cu agregatul 1	soluţii asemănătoare cu agregatul 1	soluţii asemănătoare cu agregatul 1
Post de transformare	în clădirea de comandă transformator de 630 kVA + rezervă de 630 kVA	în clădirea de comandă Două transformatoare de 630 kVA	utilizează postul de la agregatul 1	utilizează postul de la agregatul 2

BIBLIOGRAFIE

1. Gyulai, F. *Ecological Arguments for the Wind Farm Semenic* , Symposium and Demonstration of the Use of Wind Energy in Romania, SDUWE, Timişoara, 3-6 May 1992, p. 38 - 48.
2. x x x *Symposium and Demonstration of the Use of Wind Energy in Romania*, SDUWE, Timişoara, 3 - 6 May 1992
3. Garbacea, A. *Environment protection by building wind turbine achievements on Semenic mountain*, Symposium and Demonstration of the Use of Wind Energy in Romania, SDUWE, Timişoara, 3 - 6 May 1992
4. Anghel, A., Ghiţulescu, C. *Development of the conception and fabrication of horizontal axis wind generators in Romania*, Symposium and Demonstration of the Use of Wind Energy in Romania, SDUWE, Timişoara, 3 - 6 May 1992
5. x x x *Wind Stats Newsletter*, In: Spring 1993, vol.6, no.2, ISSN 0903-5648.

Referent: dr. ing. Laurenţiu Miron Goia - GSCI

(Primit la 22 iulie 1996, acceptat la 10 septembrie 1997)

NOTĂ.

Lucrarea abordează un subiect de actualitate de mare importanţă practică.

Articolul sugerează a serie de probleme apărute în implementarea pe scară largă a generatoarelor eoliene în ţara noastră. Dacă din punct de vedere principial cercetările au confirmat fezabilitatea proiectului, comportarea practică în exploatare a agregatelor în funcţiune nu s-a dovedit la înălţimea speranţelor.

De asemenea, sugestia făcută de autori că generatoarele eoliene ar fi competitive în cazul introducerii "taxei pe carbon " împinge destul de departe în viitor dezvoltarea efectivă a acestei surse de energie.

Disponibilitatea dovedită până acum de agregatele ramânești în funcţiune nu este de natură să susţină cu aplomb avantajele acestei soluţii la noi în ţară în această etapă.

Considerăm lucrarea deosebit de importantă pentru că, subliniind reuşitele activităţii de cercetare desfăşurate în acest domeniu, sugerează tocmai punctele nevralgice care trebuie surmontate pentru promovarea industrială a soluţiei, care în ţările industriale avansate se dovedeşte extrem de înfloritoare (Danemarca, SUA).

dr. ing. M. L. Goia

PROTECŢIILE ÎN SEN ÎNTRE "DA" ŞI "NU"

ing. DORU PĂUNESCU, ing. FELICIA LAZĂR *

Se prezintă o apreciere sintetică asupra concepţiei, stării fizice şi performanţelor protecţiilor din reţelele de 220-400 kV ale SEN, precum şi asupra modului de conducere al acestora. Aprecierea se face în raport cu situaţia din sistemele energetice europene şi cu exigenţele funcţionării în paralel sincron cu acestea (exigenţe UCPTE). Scopul lucrării este de a susţine o strategie de dezvoltare a sistemului energetic, în care atenţia să se acorde prioritar (fonduri, urgenţa în timp etc.) dezvoltării instalaţiilor de protecţie.

The paper presents a synthetically assessment about the outlook, physical state and performances of the 220-400kV network protection in our system and about their control mode. The assessment is made in comparison with other european system situation considering the exigency imposed by the interconnected operation with them(UCPTE requirements).

The purpose of this paper is to support a development strategy in our national system in which the development of protection system will be with priority taken into account (investments, time urgency)

Descriptori: protecţii, retehnologizare, conducere, investiţii

1. Consideraţii generale

S-au exprimat şi se exprimă, în diferite ocazii şi la diferite niveluri de competenţă, opinii, aprecieri, puncte de vedere etc., privind starea sistemului energetic naţional din punctul de vedere al dotării cu echipamente, dispozitive şi aparatură de comandă-control, protecţie şi automatizare comparativ cu sisteme energetice dezvoltate.

Aprecierile respective se fac, de obicei, în contextul mai general al compatibilităţii nivelului de performanţă al echipamentelor menţionate cu cerinţele funcţionării în paralel sincron a SEN cu sistemele UCPTE, la standardele şi recomandările impuse de organizaţia menţionată. Astfel de aprecieri au caracter de opinie personală, dar pot influenţa strategia dezvoltării domeniului respectiv, pot genera sau direcţiona acţiuni de reabilitare, retehnologizare, modernizare etc., cu implicaţii deloc minore asupra repartiţiei diverselor fonduri şi, deosebit de important, asupra siguranţei în funcţionare a SEN.

În contextul celor de mai sus se încearcă o prezentare sintetică, oarecum tranşantă şi, pe cât posibil, obiectivă, a lucrurilor bune şi mai puţin bune din domeniu. Autorii împărtăşesc ideea că punctele de vedere extreme, adică de un optimism exagerat sau dimpotrivă de un pesimism dezarmant, sunt, în egală măsură, contraproductive.

2. Reglementări

DA,

există un normativ (de proiectare) PE 501/1995, care precizează cum se echipează cu protecţii elementele reţelei (linii, bare, trafo, autotrafo, trafo bloc, generatoare, bobine de compensare, compensatoare sincrone etc.); soluţiile prevăzute de acesta răspund mulţumitor în majoritatea situaţiilor.

NU

Normativul menţionat înşiră tipuri de protecţie cu care se recomandă a fi echipate elementele respective, fără a preciza performanţele pe care trebuie să le îndeplinească - funcţional - protecţiile prevăzute, astfel încât, respectându-l cu fidelitate, în unele situaţii nu se asigură performanţe funcţionale, nici măcar acceptabile.

NU,

proiectantul nu este obligat să demonstreze în cadrul fiecărui proiect că au fost prevăzute protecţiile necesare şi suficiente şi că acestea (pentru fiecare caz real considerat) pot fi reglate

* DEN, Bucureşti

astfel încât să se respecte performanţele funcţionale impuse (performanţele respective nu sunt reglementate prin normativ).

3. Instalaţii

Generatoare şi trafo bloc (situaţia existentă)

DA,
sunt prevăzute în general cu protecţii în volum şi cu funcţiuni comparabile cu cele din sisteme energetice dezvoltate.

NU,
nu sunt prevăzute (cel puţin generatoarele cu $P \geq 50$ MW) cu protecţii de mers asincron cu excitaţia conectată, cu protecţii de frecvenţă minimă şi maximă (altele decât protecţiile de turaţie ale turbinei).

NU,
nu ar fi fost "un lux" rezervarea 100% a protecţiilor diferenţiale longitudinale (ca protecţii de bază) ale generatorului, ale trafo bloc şi, după caz, ale trafo servicii proprii.

NU,
nu toate blocurile pot fi preluate pe cuplele de transfer cu acelaşi nivel de siguranţă, din punctul de vedere al protecţiilor, ca şi pe celule proprii.

Linii

DA,
sunt echipate cu o protecţie de distanţă (liniile de 400 kV cu două protecţii de distanţă), ca protecţie de bază, şi cu protecţie maximală de curent homopolar direcţionată în două trepte, drept protecţie complementară.

DA,
este prevăzută declanşarea selectivă funcţie de natura defectului (monofazată la defect monofazat, trifazată la defecte polifazate) şi reanclanşarea monofazată sau trifazată după felul declanşării; reanclanşarea trifazată se face cu controalele de rigoare.

DA,
se asigură prelungirea treptei rapide (eliminarea la "0 s" a defectelor în orice punct al liniei) numai la defecte monofazate şi numai înainte de RAR monofazat.

NU,
protecţia/protecţiile de distanţă, fără teleprotecţie, nu reprezintă soluţia optimă pentru linii scurte, linii scurte dublu circuit etc.

NU,
protecţia diferenţială transversală nu rezolvă toate chestiunile liniilor dublu circuit, ea neputând să se substituie nici eventualei protecţii diferenţiale longitudinale şi nici teleprotecţiilor.

NU,
teleprotecţia apare doar sporadic pe unele linii, iar criteriile de realizare ale acesteia nu sunt nici unitare şi nici totdeauna corecte.

NU,
au fost acceptate "linii cu trei capete" fără a fi luate măsurile absolut necesare de echipare adecvată cu protecţii, teleprotecţii etc.

NU,
"controlul sincronismului" pentru RAR nu este suficient de sigur.

NU,
liniile (cel puţin cele de 400 kV) nu sunt prevăzute cu protecţii de supratensiune.

NU,
preluarea liniilor pe cuplele de transfer şi, mai ales, pe cuplele combinate cu rol de cuplă de transfer nu se face totdeauna la acelaşi nivel de siguranţă ca cel de pe celulele proprii.

Transformatoare, autotransformatoare, bobine de compensare cu tensiuni superioare 220, 400 kV

DA,
sunt prevăzute cu protecţii şi scheme de protecţie comparabile cu cele din sisteme energetice dezvoltate.

NU,
nu ar fi prea scump ca protecţia diferenţială longitudinală să fie rezervată (tot de o protecţie diferenţială longitudinală).

NU,

nu toate sunt echipate cu protecţii de distanţă la ambele tensiuni (ca protecţie de rezervă).

NU,

au fost acceptate "scheme bloc" linie-autotrafo, în care o singură protecţie de distanţă "protejează" şi linia şi autotrafo, comandând un singur întrerupător la tensiune înaltă (fără rezervare locală nici în întrerupătorul de 220 kV, nici în protecţia montată la 220 kV şi fără teleprotecţie/teledeclanşare).

NU,

nu sunt prevăzute cu protecţii de imagine termică (numai semnalizare la suprasarcină şi supratemperatură) şi nici cu protecţii U/f (dU/df) >>.

NU,

nu toate pot fi preluate pe cuplele de transfer sau cuple combinate cu rol de cuplă de transfer la ambele tensiuni, cu păstrarea nivelului de siguranţă ca pentru celulele proprii.

NU,

modul de protejare a terţiarului autotransformatoarelor în situaţia în care, legat la acesta funcţionează compensatoare sincrone şi/sau bobine de reactanţă, nu este la nivelul de siguranţă general al acestuia.

Sisteme, secţii de bare

DA,

sistemele/secţiile de bare 220, 400 kV (cu excepţii nesemnificative) sunt prevăzute cu protecţii diferenţiale.

DA,

sistemele/ secţiile de bare 220, 400 kV (cu excepţii nesemnificative) au prevăzute dispozitive (scheme) de rezervare a refuzului întrerupătoarelor.

DA,

cuplele de bare (transversale, longitudinale, combinate - când au rol de cuple de bare) sunt echipate cu protecţii de distanţă.

NU,

schemele şi echipamentele adoptate pentru DRRI îl fac neperformant; oricum, acţionarea lui este neselectivă faţă de protecţiile din capetele opuse.

Observaţie generală asupra capitolului "instalaţii"

Marea majoritate a dispozitivelor de protecţii din SEN sunt de construcţie electromecanică (parţial statică) şi funcţionează în instalaţii de 10-25 ani, fapt ce explică uzura fizică şi morală, performanţele reduse (nici măcar la nivelul celor iniţiale) etc.

Excepţie face staţia 400 kV CNE Cernavoda, în care echipamentele sunt de ultimă generaţie.

4. Conducerea protecţiilor - reglaje

DA,

în general, reglajele au fost corect alese, în conformitate cu principiile adoptate în sistemele energetice dezvoltate iar acţionarea protecţiilor la diverse perturbaţii a dovedit acest lucru; nu au avut loc perturbaţii majore (incidente extinse, colaps, etc.) din cauza funcţionării eronate a protecţiilor.

DA,

se foloseşte un program pentru calculele de scurtcircuit cu un model de calcul acceptabil şi acceptat în sistemele energetice dezvoltate.

NU,

programul menţionat nu are facilităţi corespunzătoare pentru operator şi nu face parte dintr-un set de programe compatibile.

NU,

programul nu poate lucra cu programe de regimuri (nu face parte dintr-un set de programe compatibile) şi nu are facilităţile necesare pentru utilizator.

NU,

conducerea protecţiilor se face cu mijloace învechite; nu este posibilă conducerea directă a terminalelor numerice de la CNE Cernavoda şi, mai grav, nici nu se acordă atenţia cuvenită pregătirilor pentru o astfel de conducere.

NU,

nu totdeauna a fost acordată atenţia cuvenită (reducerii) timpului de eliminare a defectelor, simultan cu selectivitatea funcţionării protecţiilor.

NU,

nu totdeauna a fost verificată sensibilitatea reglajelor protecţiilor în cazurile cele mai defavorabile (rezistenţa de trecere la pământ mare sau foarte mare etc.)

NU,

s-a acceptat temporizarea declanşării elementelor adiacente barei defecte (t - 0,2 s) la acţionarea protecţiei diferenţiale a barelor colectoare (cuplele adiacente declanşează la "0"s).

NU,

nu se verifică totdeauna sensibilitatea demarajului protecţiilor elementelor (în spate) pentru validarea "controlului" DRRI. (Aşa cum s-a arătat la capitolul respectiv, însuşi principiul de realizare existent pentru DRRI este depăşit şi duce la timpi de acţionare mari - 0,3s)

NU,

nu a fost studiată îndeajuns comportarea protecţiilor, cu reglajele alese la regimuri anormale (mers asincron, pendulaţii etc.) şi nu au fost folosite posibilităţile acestora pentru corectarea unor regimuri anormale (acolo unde acest lucru era de dorit şi posibil).

5. Constatări şi concluzii

1.Situaţia existentă în SEN din punctul de vedere al echipamentelor de protecţie este, în momentul de faţă, la limită, acceptabilă.

2. Inacceptabil este faptul că, în ultimii şapte ani, cel puţin în staţiile de 220 - 400 kV ale SEN, înnoirea echipamentelor de protecţie a fost nulă; excepţia staţiei 400 kV CNE Cernavodă a fost deja menţionată.

3. Retehnologizarea sistemelor de protecţie din centralele electrice nu se desfăşoară nici ca în ritmul în care o impune îmbătrânirea echipamentelor existente.

4. Reglementările de concepţie (proiectare) trebuie reeditate, trecând calitativ de la recomandări de echipare la norme de performanţă funcţională, ce trebuie atinse cu sistemele şi schemele de protecţie adoptate. Asigurarea rezervării integrale a funcţiunilor de protecţie, teleprotecţie etc. este, din punctul de vedere al costului, cu mult mai mică decât urmările unei perturbaţii majore (generalizate) şi/sau ale unor perturbaţii cu avariere de echipamente primare, oricât de puţin probabile ar părea, la prima vedere, evenimentele de acest tip.

5. Este imperios necesar şi de maximă urgenţă adoptarea şi validarea în SEN a unui set complet, integrat şi performant de programe de calcul, în care o parte să fie dedicată programelor de calcul de scurtcircuit, alegerii şi verificării reglajelor, simulării funcţionării protecţiilor; un set special de programe din acelaşi complex trebuie să se refere la baza de date primare, bază de date specifice calculelor de protecţie, evidenţa şi stocarea reglajelor etc.

6. Nu suportă amânare realizarea unui sistem de conducere de la distanţă a terminalelor numerice de linie şi de transmitere la distanţă a înregistrărilor perturbografelor numerice rapide.

Astăzi, specialiştii sunt unanimi în a aprecia că investiţia de capital în "partea secundară" (instalaţii şi dispozitive de protecţie şi teleprotecţie, sisteme de comandă control, dispozitive şi sisteme de automatizare etc.) este cu mult mai eficientă decât investiţia în "partea primară".

În acest context se recomandă ca în acţiunile de retehnologizare şi reabilitare lucrările la "partea secundară" să depăşească ponderea valorii acesteia în totalul valorii instalaţiilor.

În concluzie, se impune o reorientare a strategiei dezvoltării SEN, cu nominalizarea explicită a lucrărilor aferente "părţii secundare", stabilirea fermă a fondurilor alocate lucrărilor respective în lumina consideraţiilor de mai sus. Cu alte cuvinte, retehnologizarea "părţii secundare" trebuie să devină prioritară în timp şi ca pondere a fondurilor alocate.

Referent: dr. ing. Marius Pomârleanu - GSCI

(Primit la 27 iunie 1997, acceptat la 12 august 1997)

LUCRUL SUB TENSIUNE IN REŢELELE ELECTRICE

ing. CONSTANTIN MUNTEANU *

Se prezintă principalele caracteristici tehnice electrice ale celor trei metode principale de lucru sub tensiune, folosite la lucrări de exploatare şi de întreţinere în instalaţiile electrice aflate în funcţiune.

Se nominalizează cerinţele tehnice electrice care se au în vedere la aplicarea tehnologiilor de LST. Astfel, se stabilesc valorile distanţei minime de apropiere, care trebuie respectată la LST pentru reţelele electrice de 20 kV, 110 kV, 220 kV, 400 kV şi 750 kV. În continuare, sunt determinate zonele interzise pentru lintori, ţinându-se seama de distanţa minimă de apropiere pentru fiecare dintre metodele de LST.

Se menţionează principalele scule şi dispozitive de lucru folosite la cele trei metode de LST, după care se prezintă câteva caracteristici constructive esenţiale.

În ce menţionează cele mai importante lucrări executate sub tensiune în instalaţiile electrice după metoda "în contact" (instalaţii electrice de joasă tensiune), metoda "la distanţă" (instalaţiile de medie tensiune) şi metoda "la potenţial" (instalaţiile electrice de înaltă şi foarte înaltă tensiune).

In the beginning of the paper the main technical electrical characteristics of the three main methods of work under voltage are presented. The methods are used in operation and maintenance works for the operating equipment.

The technical electrical requirements for work under voltage technologies application are mentioned.

Thus the minimum distance values for proximity that have to be observed when working under voltage in the electric 20 kV, 110 kV, 220 kV, 400 kV and 750 kV networks are estabilished. Further, the forbidden areas for the line workers are set up, taking into consideration the minimum proximity distance for each of the WUV methods.

The main tools and devices used for the three WUV methods are mentioned to be followed by several main characterisyics of their costruction.

The most important works under voltage in the electric installations using the "in contact" method (LV installations), the method "at a distance" (MV installtions) and the method "under electric potential" (HV and extremely high voltage) are mentioned.

Descriptori: LST, LEA, LEC prăjini electroizolante, lucru "în contact", "la distanţă", "la potenţial"

Generalităţi

Se consideră "lucru sub tensiune" executarea de lucrări la părţi ale instalaţiilor electrice aflate sub tensiune, utilizând metode şi mijloace de lucru adecvate, care asigură protecţia lucrărilor şi instalaţiilor asupra cărora se intervine. Lucrul sub tensiune nu este limitat de valoarea tensiunii reţelelor electrice, aplicându-se atât la reţelele de joasă, cât şi la cele de medie, înaltă şi foarte înaltă tensiune, în baza unor tehnologii adecvate instalaţiilor pe care trebuie să se intervină.

1. Tehnologiile de lucru sub tensiune

În instalaţiile electrice aflate sub tensiune se pot folosi tehnologii bazate pe cele trei metode de lucru sub tensiune (LST) cunoscute în prezent: "în contact", "la distanţă" şi "la potenţial".

Folosirea unei anumite metode de lucru este impusă, în primul rând, de nivelul de tensiune al instalaţiei în care urmează să se intervină şi, în al doilea rând, de condiţiile specifice de acces în instalaţii, care sunt determinate, de fapt, de parametrii geometrici ai acestora.

În condiţiile executării lucrării după metoda "în contact", lucrătorul intervine asupra elementelor instalaţiei sub tensiune cu ajutorul uneltelor sau dispozitivelor de lucru, folosind mijloace de protecţie clasice. Această metodă se foloseşte în instalaţiile electrice de joasă tensiune.

În cazul metodei "la distanţă" (fig.1) lucrătorul păstrează, faţă de elementele conductoare ale instalaţiei, o distanţă minimă de apropiere, stabilită prin instrucţiuni speciale de protecţie a muncii pentru executarea de lucrări în instalaţiile electrice aflate sub tensiune. Lucrătorul operează cu ajutorul sculelor şi dispozitivelor montate în capătul de lucru al prăjinilor electroizolante sau frânghiilor electroizolante. Această metodă se foloseşte, de regulă, în instalaţiile electrice de medie tensiune.

La executarea de lucrări după metoda "la potenţial" (fig. 2, 3), lucrătorul este pus la potenţialul elementelor conductoare asupra cărora

* S.C. RETRASIB S.A.

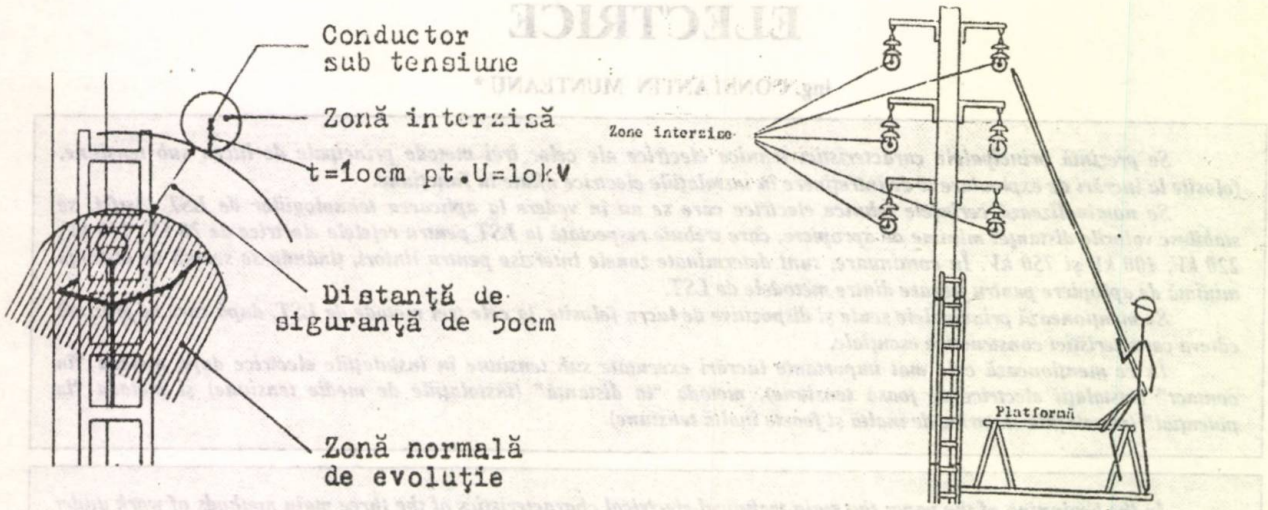


Fig.1. LST: a) lucru la distanţă; b) LST - LEA MT: poziţia de lucru la distanţă .

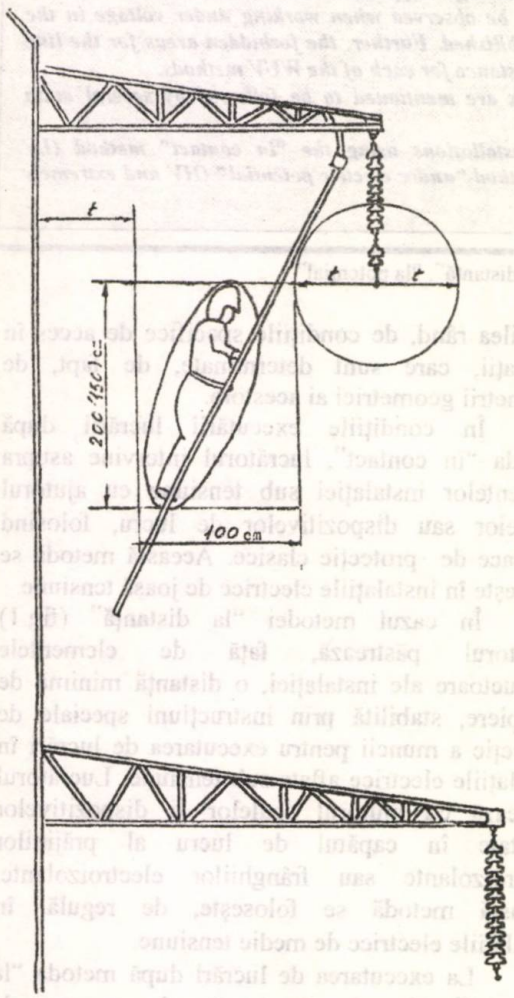


Fig. 2. LST - LEA : lucru la potenţial. Poziţia de plecare.

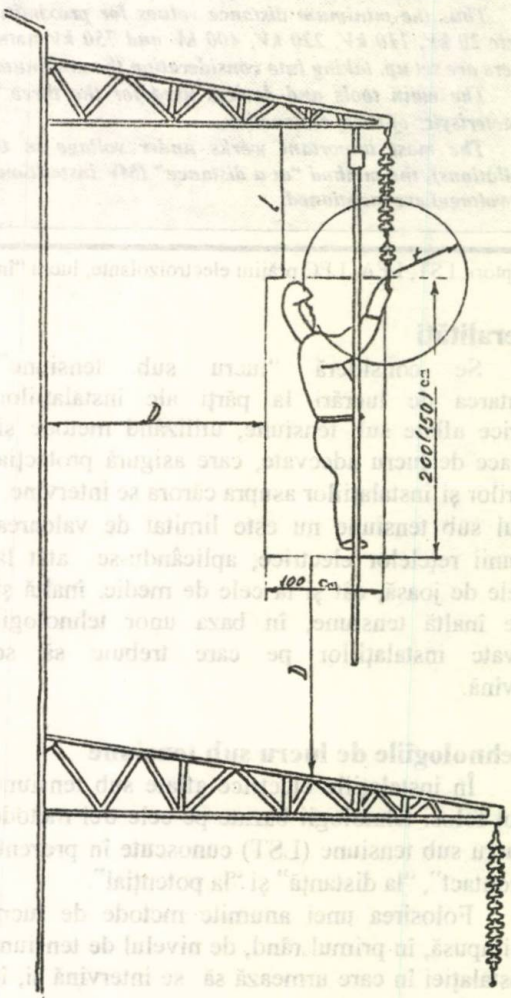


Fig. 3. LST - LEA: lucru la potenţial. Poziţia de lucru.

intervine; în acest caz, el păstrează faţă de elementele conductoare, care se află la un potenţial diferit de al său, o distanţă mai mare decât "distanţa minimă de apropiere". Această metodă se foloseşte cu preponderenţă în instalaţiile electrice de înaltă tensiune.

1.1. Cerinţe tehnice electrice la aplicarea tehnologiilor de lucru sub tensiune

1.1.1. Distanţa minimă de apropiere (D)

Distanţa minimă de apropiere (D) a unui lucrător faţă de un element conductor (conductor, clemă, armătură etc.), al cărui potenţial este diferit de cel al lucrătorului, este suma următoarelor două distanţe:

- distanţa în funcţie de tensiune (t);
- distanţa de siguranţă (d);

Distanţa în funcţie de tensiune (t), care asigură izolaţia în aer, este dată de relaţia:

$$t = 0{,}5\ U_N,$$

în care:

t este distanţa în funcţie de tensiune, în cm;

U_N - distanţa nominală a tensiunii, în kV.

Pentru valorile nominale de 20 - 750 kV, rezultă valorile distanţei în funcţie de tensiune, după cum urmează:

U_N [kV]	t [cm]
20	10
110	60
220	110
400	200
750	375

Distanţa de siguranţă (d) are scopul de a elibera lucrătorul de grija permanentă a respectării distanţei în funcţie de tensiune (t) şi de a-i permite să se concentreze asupra lucrării pe care o are de executat. Această distanţă are valoarea de 50 cm pentru toate instalaţiile electrice şi poate fi redusă în cazul utilizării unor mijloace de protecţie din material electroizolant, prin care se pot limita gesturile involuntare ale lucrătorilor (de exemplu paravane electroizolante).

Pentru valorile tensiunilor nominale de 20-750 kV rezultă următoarele valori ale distanţei minime de apropiere (D):

U_N [kV]	D [cm]
20	60
110	110
220	160
400	250
750	425

Faţă de conductoarele de protecţie ale LEA de 110 - 400 kV izolate de stâlpi, distanţa minimă de apropiere este de 50 cm.

În cazul LEA de 750 kV, distanţa minimă de apropiere faţă de conductoarele de protecţie este de 100 cm.

1.1.2. Zonele interzise

Zonele interzise pentru un lucrător sunt formate din ansamblul punctelor situate la o distanţă inferioară distanţei minime de apropiere (D), menţionată în tabelul anterior, faţă de elementele conductoare neizolate sau insuficient izolate, care se află la un potenţial diferit de al său.

1.1.3. Poziţia (locul) de lucru

Aceasta este poziţia sau locul din care un lucrător poate executa o lucrare în instalaţiile electrice, respectând condiţiile de acces şi protecţie, fără a intra în zonele interzise.

1.1.4. Metodele de lucru

Se folosesc două metode de lucru, în funcţie de poziţia lucrătorului faţă de zona interzisă din jurul elementelor conductoare asupra cărora intervine:

1.1.4.1. Lucrul la distanţă

În cadrul acestei metode, lucrătorul se menţine în afara zonei interzise din spaţiul din jurul elementelor conductoare asupra cărora intervine; el lucrează cu ajutorul unor scule şi dispozitive montate la capătul de lucru al prăjinilor sau frânghiilor izolante.

1.1.4.2. Lucrul la potenţial

Prin această metodă, lucrătorul se pune la acelaşi potenţial cu elementele conductoare asupra cărora intervine; în acest caz lucrătorul se menţine în afara zonelor interzise în raport cu elementele conductoare care se află la un potenţial diferit de al său.

Toate aceste cerinţe tehnice se regăsesc în "*Regulamentul pentru executarea lucrărilor sub tensiune la liniile electrice aeriene de 110 - 400 kV*" (PE 141/79), care reglementează şi lucrul în instalaţiile electrice de 750 kV.

1.1.2. Scule şi dispozitive pentru LST

Realizarea de lucrări sub tensiune în instalaţiile electrice este condiţionată de existenţa unui sortiment minim de scule şi dispozitive

caracteristice celor trei metode de LST care se utilizează (tabelul 1).

Tabelul 1

Denumirea	Denumirea metodei		
	în contact	la distanţă	la potenţial
Scule şi dispozitive	Scule cu mânere electroizolante Protectoare electroizolante pentru conductoare şi izolatoare Ecrane electroizolante	Prăjini electroizolante de lucru specializate Prăjini electroizolante suport şi tiranţi Prăjini electroizolante cu capete universale Scule adaptabile la prăjinile cu capete universale Scări electroizolante Protectoare electroizolante pentru conductoare şi izolatoare	Prăjini electroizolante suport şi tiranţi Scări electroizolante sau platforme telescopice electroizolante Scaune electroizolante Cărucioare pentru conductoarele active Frânghii electroizolante Dispozitive pentru echipotenţializare Scule şi dispozitive obişnuite

Sculele şi dispozitivele folosite la lucrări sub tensiune în instalaţiile electrice diferă între ele, în mod esenţial, după metoda de lucru folosită la lucrări.

Sculele şi dispozitivele de lucru asigură, prin sistemele de acţionare de care dispun, o funcţionare corespunzătoare, în cazul aplicării unor eforturi minime (normale) din partea lucrătorilor, şi o protecţie sigură împotriva electrocutării prin izolaţia electrică de care dispun.

De regulă, izolaţia electrică a sculelor folosite de LST după metoda "în contact" în instalaţiile de joasă tensiune se realizează prin acoperire electroizolantă din două straturi de pvc de culoare diferită. Acest lucru se obţine prin imersarea sculelor metalice (a unor porţiuni ale acestora) în masa lichidă electroizolantă. După depunerea fiecărui strat electroizolant de pvc cu grosimea dorită, sculele se introduc într-un cuptor electric pentru obţinerea polimerizării stratului respectiv la o temperatură riguros controlată, de 120 - 150°C, pentru un timp adecvat scopului propus. Cele două straturi electroizolante ale sculelor metalice conferă un plus de siguranţă utilizatorilor, deoarece primul strat (suport) reprezintă izolaţia de siguranţă, iar următorul strat (de culoare diferită) este izolaţia de lucru şi este supusă uzurii.

După cum s-a menţionat, la executarea de lucrări după metoda "la distanţă" sculele şi dispozitivele folosite sunt concepute şi realizate numai pentru efectuarea unui anumit gen de operaţii şi se montează în capul unor prăjini electroizolante.

Prăjinile electroizolante pentru LST trebuie realizate în mod obligatoriu din tuburi din răşini sintetice, armate cu fibră de sticlă şi umplute în interior cu spumă de poliuretan. O astfel de realizare asigură o greutate redusă a prăjinilor şi permite o manevrare mai uşoară a sculei pe care o deservesc.

Realizarea prăjinilor electroizolante pentru LST este reglementată, pe plan internaţional, prin documentele elaborate de Comitetul de Studii Nr. 78 - CEI, respectiv prin Publicaţia CEI 855/1985 (cu statut de standard) [1].

De fapt, prăjinile electroizolante folosite la LST după metoda "la distanţă" se împart în două categorii distincte, nominalizate în Publicaţia CEI 743/1983 [2], după scopul şi modul de folosire, şi anume:

- prăjini de lucru (acţionate cu mâna);
- prăjini suport (menţinere).

Dintre prăjinile de lucru se pot aminti câteva mai des folosite:

- prăjini cu cârlig retractabil;
- prăjini cu capete universale;
- prăjini cu menghină;
- prăjini cu cleşte;
- prăjini cu foarfece;
- prăjini cu pompă de ulei;
- prăjini port-tijă pătratică pentru chei tubulare.

Dintre prăjinile suport se pot aminti:

- prăjină suport conductor;
- tirant cu menghină;
- tirant cu furcă şi ureche;
- tirant cu rolă;
- tirant cu inel oscilant la ambele capete;
- tirant cu cârlig cotit.

La executarea de lucrări după metoda "la potenţial" sculele şi dispozitivele folosite sunt realizate cu structuri electroizolante, care au în componenţă de asemenea prăjini electroizolante,

din răşină armată cu fibră de sticlă, umplute în interior cu spumă de poliuretan.

Principalele dispozitive specializate pentru LST sunt următoarele:

- tiranţi izolanţi;
- prăjini suport electroizolante;
- scări electroizolante;
- scăunel electroizolant;
- nacelă electroizolantă;
- carucior păşitor pe conductoarele active.

1.1.3. Lucrări executate sub tensiune în instalaţiile electrice

1.1.3.1. Lucrări executate după metoda "în contact"

Aceste lucrări se execută în instalaţiile electrice de joasă tensiune şi se referă la lucrări de exploatare şi de întreţinere, în principal pe LEA şi LEC, folosind scule izolate, specifice lucrărilor de executat, şi mijloace de protecţie electroizolante pentru lucrători.

Dintre acestea se pot aminti cele mai importante:

- schimbarea unor izolatoare defecte la LEA;
- executarea sau desfiinţarea unor branşamente;
- înlocuirea cu cleme electrice defecte, de susţinere şi de tracţiune la LEA;
- realizarea de manşoane de derivaţie şi capete terminale la cablurile electrice (LEC).

1.1.3.2. Lucrări executate după metoda "la distanţă"

Aceste lucrări se execută, de regulă, pe LEA de medie tensiune; se pot enumera:

- înlocuirea izolatoarelor defecte de susţinere şi de întindere;
- ruperea şi refacerea cheilor conductoarelor de pe izolatoarele electrice suport;
- înlocuirea clemelor electrice de susţinere şi întindere ale conductoarelor neizolate şi izolate;
- îndepărtarea obiectelor străine de pe stâlpii şi conductoarele LEA.

1.1.3.3. Lucrări executate după metoda "la potenţial"

Aceste lucrări se execută pe LEA de înaltă şi foarte înaltă tensiune, respectiv de 110 - 750 kV, şi se referă la lucrări de exploatare şi de întreţinere curente. Dintre acestea se pot aminti:

- îndepărtarea corpurilor străine de pe stâlpii şi conductoarele active şi de protecţie;
- înlocuirea elementelor sau lanţurilor de izolatoare defecte de susţinere;
- înlocuirea clemelor electrice de susţinere a conductoarelor;
- înlocuirea armăturilor de protecţie a lanţurilor de izolatoare electrice;
- înlocuirea antivibratoarelor şi distanţierelor defecte de pe conductoarele fasciculate ale LEA (aflate în deschiderile lor).

Concluzii

Lucrul sub tensiune în reţelele electrice se execută folosind tehnologii bazate pe cele trei metode de lucru cunoscute (în contact, la distanţă, la potenţial).

Folosirea unei anumite metode de lucru este impusă de nivelul de tensiune al instalaţiei pe care se intervine şi de parametrii geometrici ai acesteia.

Sculele şi dispozitivele de LST folosite la lucrări de exploatare şi de întreţinere în instalaţiile electrice sunt realizate în conformitate cu prevederile documentelor CEI, cu caracter de standard internaţional.

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x CEI 855/1985 - *Tubes isolants remplis de mousse et tiges isolantes pleines pour travaux sous tension.*

[2] x x x CEI 743/1983 - Terminologie pour l'outillage et le materiel à utiliser dans les travaux sous tension.

Referent: ing. Cristian Sorin Pispiris - GSCI

(Primit la 13 ianuarie 1997, acceptat la 24 februarie 1997)

COMPATIBILITATEA ULEIURILOR DE TRANSFORMATOR

dr. ing. ALEXANDRA POPESCU *, ing. ANIŞOARA BUTNAR **

Lucrarea prezintă rezultatele studiilor experimentale destinate stabilirii unor metode practice pentru luarea unei decizii, fundamentate tehnic, privind posibilitatea miscibilităţii uleiurilor electroizolante aditivate. Au fost aditivate uleiurile ce se folosesc în prezent în ţară: TR - 25; GK ; Shell.

Criteriile adoptate pentru decizia privind miscibilitatea uleiului TR - 25 A cu cele două din import s-a bazat pe oxidarea la durate lungi de timp, iar proporţia de amestec studiată a fost cea mai defavorabilă.

S-a stabilit că metoda este mult mai adecvată decât cea folosită în prezent conform STAS 11605 - Caracteristica uleiurilor neaditivate. Criteriile folosite confirmă posibilitatea miscibilităţii uleiului TR - 25 A cu uleiurile GK şi Shell.

Metoda folosită poate fi preluată în vederea standardizării.

The paper presents the results of the experimental studies performed to establish new practical methods for technically founded decision - making regarding the possibility of mixing selection insulating additivated oils.

Additives have been added to the oils in use in our country: TR-25; GK; Shell.

The criteria that laid at the basis of the decision to mix of the two import oils with the TR-25A oil was based on the oxidation at long periods of time, and the studied mixing proportion was the most unfavourable one.

It has been established that the most adequate method is the one in use, pursuant to STAS 11605 - Characteristics of clean oils. The criteria used confirm the possibility of mixing TR - 25 A oil with GK and Shell oils.

The method in use can be taken over in order to be patented.

Descriptori: ulei electroizolant, inhibitori de oxidare, ulei electroizolant aditivat autooxidant

1. Generalităţi

Prin generalizarea utilizării uleiului electroizolant TR-25A fabricat în ţară, a utilizării uleiurilor aditivate (+K în staţia de 750 kV) şi a pătrunderii pe piaţa internă a diferitelor sorturi de uleiuri (Shell, AGIP, BP) apar situaţii în exploatarea echipamentelor, în care se pune problema oportunităţii amestecării mai multor sorturi de uleiuri. Această problemă se impune odată cu mărirea exigenţelor asupra calităţii, impuse de solicitările electrice şi termice mărite.

Utilizarea inhibitorilor de oxidare şi a substanţelor pasivatoare a suprafeţelor metalice, de naturi şi structuri chimice diferite, poate conduce, în cazul amestecării lor, la posibilitatea apariţiei unor reacţii chimice, al căror rezultat este apariţia unor compuşi cu caracter polar, ce înrăutăţesc proprietăţile dielectrice impuse de utilizarea uleiurilor [1, 2].

Până în prezent, în cadrul sectorului energetic, deciziile privind posibilităţile de amestecare a mai multor sorturi de uleiuri electroizolante s-au rezolvat pe baza metodei prevăzute în STAS 11605, specifică uleiurilor neaditive. Rezultatele obţinute sunt însă neconcludente, apar riscuri în exploatare, ceea ce influenţează negativ fiabilitatea echipamentelor.

Apare astfel necesară, stabilirea unei metode analitice adecvate uleiurilor aditivate, care să ţină seama de reacţiile de oxidare caracteristice, în vederea determinării pragului de depăşire a perioadei de inducţie, interacţiunii dintre aditivi şi structurii uleiului de bază.

2. Factori care influenţează alegerea condiţiilor de experimentare

2.1. Oxigenul

Oxigenul fiind electronegativ, declanşând oxidarea are tendinţa de a accepta electroni în învelişul său, trecând într-o stare energetică inferioară. Energia eliberată apare sub formă de căldură de reacţie, care, în cazul oxidării hidrocarburilor, fiind mică, este neglijabilă.

Captarea electronilor din hidrocarburi de către oxigen are un rol determinant în mecanismele de reacţie, iar transferul de energie este hotărâtor pentru sensul reacţiilor de oxidare. Astfel, se

* CONSENERG S.A.
** FTDEE Braşov

distinge oxidarea la temperatură joasă şi înaltă, limita fiind de 120^0 C şi peste 160^0 C.

În intervalul dintre aceste limite, oxidarea se intensifică, fără ca sensul reacţiilor să se schimbe.

Studiile au arătat că stabilitatea la oxidare a hidrocarburilor creşte în ordinea: monoaromatice → parafine → naftene → bi şi triaromate.

Perioada de inducţie, ca fază iniţială a procesului, constituie parametrul determinant în caracterizarea oxidării uleiului.

De o deosebită importanţă este cunoaşterea mecanismului de acţionare a aditivilor care inhibează procesele de oxidare.

Dat fiind faptul că, alegerea condiţiilor de experimentare pentru determinarea miscibilităţii uleiurilor este dependentă de cunoaşterea mecanismului de reacţie în continuare, se vor prezenta datele cunoscute pentru inhibitorul de oxidare, general utilizat în tehnica fabricării uleiurilor electroizolante aditivate.

Aditivul antioxidant utilizat la fabricarea uleiului TR-25A, GK (staţia de 750 kV) sau a altor sorturi (AGIP, Shell etc.) este compusul: 2,6 - diterţ - butil - paracrezolul, care este un fenol alchilat (denumit comercial Topanol).

Acesta este un inhibitor de radicali liberi şi este capabil să cedeze un hidrogen radicalului peroxi, obţinut în reacţia de iniţiere a oxidării, formând un peroxid şi un nou radical liber $I^{\bullet}$.

Astfel, mecanismul este următorul:

$$R-H+O_2 \rightarrow R^{\bullet}+O_2H$$

$$R^{\bullet}+O_2 \rightarrow RO_2^{\bullet}+1H \rightarrow ROOH+I^{\bullet}$$

Noul radical $I^{\bullet}$ al inhibitorului 1H este stabilizat şi nu mai este suficient de activ pentru a forma un nou lanţ de oxidare.

$$I^{\bullet\bullet}+O_2 \rightarrow 10_2^{\bullet}$$

$$I^{\bullet}+RH \rightarrow 1H+R^{\bullet}$$

Radicalul antioxidant $I^{\bullet}$ reacţionează cu un radical peroxidic $RO^{\bullet}$ sau cu un radical de aceeaşi natură $I^{\bullet}$, dând un produs stabil.

Pentru inhibitorii fenolici, s-au pus în evidenţă trei mecanisme posibile [3, 4]:

1 - cedarea unui atom de hidrogen radicalului peroxi;

2 - cedarea unui electron radicalului peroxi purtător de lanţ;

3 - adiţia inhibitorului la radicalul peroxi, înainte sau după ce a fost parţial oxidat.

Radicalul peroxi este convertit într-o moleculă, care nu poate participa în continuare la oxidare.

Când inhibitorul de oxidare se consumă, începe oxidarea uleiului, iar curba de absorbţie a oxigenului are aceeaşi alură cu cea a uleiului de bază (neaditivat).

Cunoscându-se mecanismul de acţionare a inhibitorilor de oxidare de tip fenolic, s-a arătat că efectul fenolului este mult mărit prin substituirea unor grupe alchilice, de obicei terţ-butil, în două poziţii "orta" şi printr-o grupă "metil" în "para". Se măreşte astfel proprietatea de donor de electroni şi puterea de stabilizare a radicalilor, întrerupându-se lanţul de oxidare, pentru temperaturile până la 140^0 C, după care mecanismele de reacţie capătă alte sensuri.

Dat fiind cele menţionate nu este oportună efectuarea unor oxidări forţate, la temperaturi peste 130^0C.

2.2. Catalizatori de oxidare

Un rol însemnat în procesul de oxidare al hidrocarburilor îl au catalizatorii, care, reducând energia de activare, măresc viteza de reacţie.

Cei mai eficace catalizatori sunt metalele, în special: cuprul, fierul, plumbul, cadmiu, care favorizează disocierea atomului de hidrogen din molecula de hidrocarbură şi provoacă descompunerea spontană a hidroperoxizilor, fragmente de radicali. Astfel, metalul pătrunde în ulei, întâi prin acţiunea hidroperoxidului şi, odată cu creşterea vitezei de reacţie, prin acţiunea produselor acide de oxidare [5].

2.3. Temperatura

Hidrocarburile din constituţia uleiului electroizolant sunt sensibile la acţiunea căldurii, astfel încât se produc reacţii de oxidare în stare lichidă, care în rezumat sunt următoarele [6] :

- parafinele se descompun prin ruperea catenelor, reacţia începe în jur de 120^0C;

- ciclurile naftenice se rup la temperaturi mai ridicate, de peste 400^0C, producând etilenă şi propilenă. Ciclurile de 6 atomi de carbon se dehidrogenează treptat, cu producere de hidrocarburi aromatice;

- catenele parafinice grefate pe ciclurile aromatice se rup, ciclurile aromatice se unesc, dând naştere la aromatice policiclice.

Reacţiile menţionate se produc succesiv, iar la temperaturi mai ridicate fazele intermediare se

întrepătrund. În conducerea unor reacţii care să caracterizeze stabilitatea uleiului se recomandă evitarea temperaturilor ridicate [8].

2.4. Timpul de reacţie

Temperatura şi timpul de reacţie sunt interdependente. Astfel, mărind temperatura de lucru se micşorează timpul de reacţie, iar dacă se lucrează la temperaturi în jur de 100^0 C este necesar un timp mai îndelungat pentru obţinerea aceluiaşi efect chimic.

Există o limită inferioară, sub care hidrocarburile, oricât de mult ar fi supuse la temperatură, nu se mai descompun. Aceasta este "limita de stabilitate", care este diferită în funcţie de structura hidrocarburilor în ordinea: parafine, naftene, aromatice.

În condiţiile de lucru ale unei metode pentru determinarea compatibilităţii uleiurilor nu este de dorit să se obţină reacţii de descompunere. Viteza de reacţie creşte odată cu creşterea temperaturii şi cu scăderea energiei de activare. La creşterea temperaturii cu 10^0C, viteza de reacţie se măreşte de 2 - 4 ori. Aceasta creşte în funcţie de greutatea moleculară; astfel, din punctul de vedere al structurii, parafinele au valori mai mari şi aromatele cele mai mici [5].

3. Criterii de evaluare a compatibilităţii uleiurilor

Dat fiind similitudinea cu condiţiile de exploatare şi influenţa preponderentă a oxigenului asupra reacţiilor de degradare a uleiurilor, se consideră oportun ca evaluarea posibilităţilor de amestecare a diferitelor sorturi de uleiuri aditivate să se efectueze prin oxidări forţate de lungă durată şi urmărirea variaţiei valorilor următoarelor criterii:

- pierderi dielectrice;
- indicele de neutralizare;
- tensiunea interfacială faţă de apă;
- produse de degradare:
  - insolubile în "hepta"
  - solubile în cloroform.

Determinarea pierderilor dielectrice, punc în evidenţă păstrarea dielectricităţii uleiurilor, iar indicele de neutralizare - stadiul şi apariţia produselor acide de degradare.

Apariţia produselor polare, în urma oxidării, este pusă în evidenţă de scăderea valorilor tensiunii interfaciale. Posibilele interacţiuni între structurile chimice diferite ale uleiurilor testate şi aditivii utilizaţi pot fi puse în evidenţă prin determinarea compuşilor precipitabili în hidrocarburi normal-parafinice sau a celor care se solubilizează în cloroform, cel mai puternic dizolvant al acestora.

Dat fiind cele menţionate, s-a urmărit următoarea schemă de experimentare: cele două sorturi de uleiuri a căror compatibilitate trebuie determinată, ca atare şi în amestecul cel mai defavorizat de 1/1, se supun oxidării forţate.

Se consideră compatibile uleiurile care, după oxidare, prezintă valori ale criteriilor considerate pentru amestec, între valorile celor două uleiuri ca atare.

4. Experimentări de laborator

Generalizarea utilizării uleiului aditivat TR-25A în cadrul sectorului energetic a impus experimentarea acestuia cu uleiuri de provenienţă străină, utilizate până în prezent (GX, Shell).

4.1. Modul de lucru

Oxidările de lungă durată s-au efectuat în cadrul GSCI, într-o instalaţie termostatată, în următoarele condiţii de lucru:

- proporţia dintre uleiuri: 1/1;
- cantitatea de ulei: 25 g;
- debitul de oxigen: 11/oră;
- timpul de oxidare: între 164 - 216 ore;
- temperatura de lucru: 100^0C, 120^0C, 130^0C;
- catalizator: cupru electrolitic cu o suprafaţă de 9,7 cm^2 în concordanţă cu CEI 1145.

Dat fiind existenţa dibutil-para-crezolului ca aditiv antioxidant în uleiurile studiate, inhibarea reacţiilor de oxidare specifice acestuia a impus intervalul de temperatură de 100^0C - 130^0C, la temperaturi mai mari rezultatele putând fi neconcludente.

Rezultate experimentale obţinute

În tabelul 1 se prezintă valorile obţinute pentru amestecul dintre uleiurile TR-25A şi GK, la temperaturi de 100^0C, 120^0C, 130^0C.

Determinările de aditiv remanent s-au efectuat în Laboratorul Chimic al FTDEE Braşov, pe un aparat Spekord 75-Karl Zeiss Iena, înregistrându-se spectrul în domeniul infraroşu. Determinările cantitative s-au efectuat conform STAS 12044 şi CEI 666, luând în consideraţie peak-ul caracteristic pentru Topanol la frecvenţa de 3650 cm^{-1}.

Tabelul 1

Compatibilităţi între uleiurile TR-25A şi GK, la timpul de 164 ore oxidare

Nr. crt.	Caracteristici ulei oxidat	100°C			120°C			130°C		
		TR-25A	GK	1/1	TR-25A	GK	1/1	TR-25A	GK	1/1
1	Pierderi dielectrice tg $\delta_{90°C}$	$3,1x10^{-3}$	$6,9x10^{-3}$	$6,3x10^{-3}$	$42x10^{-3}$	$16x10^{-3}$	$29x10^{-3}$	$65x10^{-3}$	$30x10^{-3}$	$52x10^{-3}$
2	Indice de neutralizare mg [KOH/g]	0,0156	0,0182	0,019	0,13	0,09	0,12	0,15	0,19	0,16
3	Tensiune interfacială [dyne/cm]	40,0	45,0	43,0	35,0	40,0	36,0	28,0	31,0	30,0
4	Insolubile în n-heptan [%]	lipsă	lipsă	lipsă	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,04
5	Solubile în cloroform [%]	lipsă	lipsă	lipsă	0,0007	0,005	0,0005	0,006	0,005	0,005

La temperatura de 100°C cele două sorturi de uleiuri, fiind protejate antioxidant, prezintă valori nealterate pentru criteriile utilizate, timpul de reacţie fiind insuficient pentru consumul aditivului antioxidant şi începutul reacţiilor de oxidare. Acest fapt este confirmat şi de spectrele în infraroşu, cu ajutorul cărora, pentru uleiurile oxidate, s-au determinat cantităţi remanente de aditiv, de 0,2 % pentru uleiul TR-25 A, 0,1 % pentru uleiul GK şi 0,08% pentru amestecul celor două uleiuri.

Pe măsura creşterii temperaturii, viteza de reacţie a oxidării creşte, uleiurile prezinttă produse de degradare, măsurate de valorile de insolubilelor în n-heptan, şi produse solubile în cloroform.

La temperatura de 130°C, cantităţile produselor de oxidare cresc vizibil, apar depuneri şi valori mari pentru indici de aciditate, uleiurile depăşind perioada de inducţie la oxidare.

În tabelul 2, se prezintă rezultatele obţinute pentru oxidările efectuate timp de 216 ore continuu. Şi în acest caz, temperatura de 100° C nu este suficientă pentru obţinerea unor delimitări nete în comportarea uleiurilor, iar la 130°C produsele de oxidare cresc însemnat de mult, în concordanţă cu creşterea pierderilor dielectrice între 76 şi 90 x 10^{-3} . Aceasta arată că la temperatura de 130°C s-a depăşit perioada de inducţie, apărând pericolul descompunerii inhibitorului de oxidare.

Din această cauză, experimentele s-au efectuat în continuare în următoarele condiţii: temperatura 120° C şi timpul 96 ore.

Rezultatele obţinute sunt date în tabelul 3.

Tabelul 3

Compatibilităţi dintre uleiurile TR-25A şi GK, la 120° C şi 96 ore

Nr. crt.	Caracteristici ulei oxidat	120° şi 96 ore oxidare		
		TR-25A	GK	1/1
1	Pierderi dielectrice [tg $\delta_{90°C}$]	$14,5x10^{-3}$	$9,1x10^{-3}$	$7,3x10^{-3}$
2	Indice de neutralizare [mg KOH/g]	0,019	0,0313	0,026
3	Tensiune interfacială [dyne/cm]	25,2	27,4	25,9
4	Insolubile în n-heptan[%]	0,03	0,005	0,05
5	Solubile în cloroform [%]	0,003	0,002	0,003

Oxidările efectuate la temperatura de 120°C şi 96 ore au arătat că s-a depăşit perioada de inducţie la oxidare. Spectrele în infraroşu au pus în evidenţă consumarea aditivului, valorile obţinute pentru acesta fiind corespunzătoare erorilor de analiză admise (0,005 %).

Tabelul 2

Compatibilităţi între uleiurile TR-25A şi GK, la timpul de 164 ore oxidare

Nr. crt.	Caracteristici ulei oxidat	100°C			120°C			130°C		
		TR-25A	GK	1/1	TR-25A	GK	1/1	TR-25A	GK	1/1
1	Pierderi dielectrice [tg $\delta_{90°C}$]	$21,5x10^{-3}$	$11,4x10^{-3}$	$22,5x10^{-3}$	$30,3x10^{-3}$	$41,0x10^{-3}$	$45,0x10^{-3}$	$74,6x10^{-3}$	$96x10^{-3}$	$90x10^{-3}$
2	Indice neutralizare [mg KOH/g]	0,15	0,17	0,17	0,164	0,19	0,20	0,25	0,30	0,26
3	Tensiune interfaciale [dyne/cm]	36,0	35,0	36,0	27,0	29,0	29,0	23,0	21,0	23,0
4	Insolubile în n-heptan [%]	lipsă	lipsă	lipsă	0,03	0,004	0,0039	0,04	0,02	0,04
5	Solubile în cloroform [%]	0,0003	0,0004	0,0003	0,004	0,001	0,003	0,05	0,08	0,07

Tipul dc oxidare face posibilă obţinerea unor diferenţe însemnate între valorile dielectrice.

Se observă, de asemenea, că determinarea analitică cantitativă a produselor de oxidare, datorită valorilor reduse, face posibilă introducerea unor erori însemnate, fapt ce conduce la ideea neutilizării acestora drept criteriu de compatibilitate.

În continuare s-au efectuat oxidări de compatibilitate pentru uleiurile TR-25A şi Shell.

În tabelul 4 se prezintă valorile obţinute la timpul de oxidare de 164 ore şi temperaturi de 100°C, 120°C 130°C, iar în tabelul 5 valorile obţinute în cazul oxidării timp de 216 ore.

S-au continuat şi în acest caz, oxidările de 120° C timp de 96 % ore, rezultatele fiind date în tabelul 6.

Tensiunile interfaciale prezintă valori reduse, între 11,3 - 18,9 dyne/cm, în concordanţă

Tabelul 4

Compatibilităţi dintre uleiurile TR-25A şi Shell, la timpul de 164 ore oxidare

Nr. crt.	Caracteristici ulei oxidat	100°C			120°C			130°C		
		TR-25A	Shell	1/1	TR-25A	Shell	1/1	TR-25A	Shell	1/1
1	Pierderi dielectrice [tg $\delta_{90°C}$]	$2,8x10^{-3}$	$3,2x10^{-3}$	$2,863x10^{-3}$	$40x10^{-3}$	$52.6x10^{-3}$	$50x10^{-3}$	$58x10^{-3}$	$30x10^{-3}$	$60x10^{-3}$
2	Indice de neutralizare [mg KOH/g]	0,014	0,0182	0,016	0,12	0,16	0,15	0,15	0,18	0,18
3	Tensiune interfacială [dyne/cm]	41,0	38,6	39,0	38,0	35,0	35,0	25,0	30,0	26,0
4	Insolubile în n-heptan [%]	lipsă	lipsă	lipsă	0,0018	0,02	0,02	0,04	0,05	0,05
5	Solubile în cloroform [%]	lipsă	lipsă	lipsă	lipsă	0,0002	0,0015	0,005	0,007	0,007

Tabelul 5

Compatibilităţi dintre uleiurile TR-25A şi Shell, la timpul de 216 ore oxidare

Nr. crt.	Caracteristici ulei oxidat	100°C			120°C			130°C		
		TR-25A	GK	1/1	TR-25A	GK	1/1	TR-25A	GK	1/1
1	Pierderi dielectrice [tg $\delta_{90°C}$]	$100x10^{-3}$	$125x10^{-3}$	$120x10^{-3}$	$154,310^{-3}$	$66,3x10^{-3}$	$72x10^{-3}$	$76,3x10^{-3}$	$86x10^{-3}$	$80x10^{-3}$
2	Indice de neutralizare [mg KOH/g]	0,19	0,25	0,22	0,31	0,38	030	0,26	0,38	0,38
3	Tensiune interfacială [dyne/cm]	26,0	30,0	28,0	10,51	13,6	12,0	9,2	12,3	12,0
4	Insolubile în n-heptan [%]	lipsă	lipsă	lipsă	0,025	0,03	0,03	0,042	0,050	0,050
5	Solubile în cloroform [%]	lipsă	0,0003	0,0003	0,0004	0,0007	0,0005	0,06	0,09	0,08

Şi în cazul uleiului Shell, procesele de oxidare decurg în mod analog cu cele pentru uleiul GK, datorită aceleiaşi compoziţii chimice a aditivului antioxidant utilizat.

Valorile obţinute pentru caracteristicile uleiurilor arată că, şi în acest caz, indiferent de timpul de experimentare, la temperatura de 100°C nu se depăşeşte perioada de inducţie. Spectrele de absorţie în infraroşu au pus în evidenţă cantităţi remanente de aditiv între 0,21 - 0,13 %.

Indiferent de timpul de experimentare, odată cu creşterea temperaturii la 130° C, reacţiile de oxidare se amplifică, obţinându-se produse insolubile. Valori reduse obţinute pentru tensiunile interfaciale de 10 - 12 dyne/cm, arată reacţii avansate de oxidare.

Tabelul 6

Nr. crt.	Caracteristici ulei oxidat	120° şi 96 ore oxidare		
		TR-25A	Shell	1/1
1	Pierderi dielectrice [tg $\delta_{90°C}$]	$21,5x10^{-3}$	$23,3x10^{-3}$	$21,0x10^{-3}$
2	Indice neutralizare [mg KOH/g]	0,15	0,24	0,18
3	Tensiune interfacială [dyne/cm]	18,9	11,3	14,6
4	Insolubile în n-heptan [%]	0,03	0,06	0,056
5	Solubile în cloroform [%]	0,003	0,0045	0,003

cu produsele de oxidare date de valori pentru insolubile de 0,3 - 0,06 %.

Dintre spectrele de absorţie în infraroşu s-a observat consumul total al aditivului. S-au obţinut astfel condiţiile pentru depăşirea perioadei de inducţie.

Concluzii

Lucrarea prezintă rezultatele studiilor experimentale efectuate în vederea stabilirii unei metode analitice de determinare a compatibilităţii la amestecarea uleiurilor electroizolante aditive.

S-au experimentat uleiurile utilizate actualmente în ţară: TR-25A, GK, Shell.

Proporţia de amestec s-a ales de 1/1, ca fiind cea mai defavorabilă posibil, dat fiind faptul că în exploatare completările cu ulei nou nu depăşesc în general 5 - 10%, faţă de întreaga cantitate de ulei din echipamentul electroenergetic [9].

Pentru elaborarea metodei s-au efectuat oxidări forţate la temperaturi de 100°C, 120°C şi 130°C şi timpi de 96, 168 şi 216 ore. Dintre parametrii de lucru au rezultat relevante următoarele:

- temperatura: 120°C;
- cantitatea de ulei: 25 g;
- agent oxidant: oxigen 1l/oră;
- catalizator: cupru electroizolant cu ϕ = 1 mm, lungimea de 30,5 cm, cu care se confecţionează o spirală de 5 cm lungime şi 2,2 cm diametru (9,7 cm^2);
- durata: 96 ore.

Dintre caracteristicile uleiurilor analizate a reieşit că rezultate interpretabile dau următoarele:
- indicele de neutralizare;
- tensiunea interfacială faţă de apă;
- pierderile dielectrice tg $\delta_{90°C}$.

Se presupune următoarea schemă de experimentare:
- cele două sorturi de uleiuri, a căror compatibilitate trebuie determinată ca atare, şi un amestec 1/1 se supun oxidării forţate, în condiţiile de lucuru menţionate. Se consideră compatibile uleiurile, care după oxidare prezintă valori ale criteriilor menţionate pentru amestecul de uleiuri între valorile celor două uleiuri ca atare.

Se propune ca metoda să fie inclusă în "Ghidul de mentenanţă pentru uleiul TR-25 A şi GX " şi în PE 116.

De asemenea, dat fiind faptul că în prezent asemenea metodă nu este standardizată de nici o organizaţie internaţională, va fi trimisă la Institutul Român de Standardizare, pentru a fi preluată de Comitetul Tehnic "Produse petroliere", în vederea standardizării la nivel naţional.

Menţionăm că utilizarea metodei propuse, a pus în evidenţă compatibilitatea la amestecare a sortului de ulei TR-25 A cu uleiurile tip GK şi Shell.

BIBLIOGRAFIE

[1] Erhard, L. Bull. ASEA 62 (1971) 10, 25 dec.
[2] Sabău, I. In: Energetica. nr. 9/1971
[3] Kalantar, N-G. In: Novosti pererabotki i nefthimii nr 7/1981
[4] Kögler, S. In: Erdöl und Kohle - Ergas - Petrochemie 20/79
[5] Joffe, I.I. *Cataliza eterogenă în ingineria chimică.* Editura Tehnică 1967
[6] Marc Ketta . *Advances în Petroleum Chemistry and Refining* NY - 1963
[7] Hood, A. Just of Petroleum 45, 168, 1980
[8] CEI 1125 - *Isolauts liquides neufs à base d'hydrocarbures. Méthodes d'essai pour evaluer la stabilité à l'oxidation*
[9] CEI 422 - *Ceuide de mentenance et de surveillance des huiles minérales isolautes en service dans les matériels électriques.*

Referent: ing. Mariana Zabunov - GPEET)

(Pimit la 27 mai 1997, acceptat la 12 august 1997)

CONTENT

OVIDIU ŢUŢUIANU, GEORGETA STĂNCIULESCU: The analysis of the factors that condition the CO_2 emissions from the electricity and heat generation in RENEL installations 405

NICOLAE BĂRAN: Computing elements for the suction hood 410

FLORIN BOIAN, SORIN ZBARCEA: Investigation of the technical condition of the Işalniţa combined heat and power plant no.2 stack concrete suprastructure 413

FRANCISC GYULAI, ION SANTĂU, ADRIAN BEJ: Technical experience and institutional barriers to wind energy sources promotion 418

DORU PĂUNESCU, FELICIA LAZĂR: NPS protections between "Yes" or "No" 425

CONSTANTIN MUNTEANU: Works under voltage in the electric networks 429

ALEXANDRA POPESCU, ANIŞOARA BUTNARU: Compatibility of the transformer oils 434

INHALT

OVIDIU TUTUIANU, GEORGETA STANCIULESCU: Die Analyse der EinfluBfaktoren auf die bei der Elektroenergie- und Wärmeerzeugung in den RENEL-Anlagen anfallenden CO2-Emissionen 405

NICOLAE BĂRAN: Berechnungselemente für die Bemessung der Saugtrichter 410

FLORIN BOIAN, SORIN ZBARCEA: Die Untersuchung des technischen Betonzustandes in der Schornsteinstruktur des Schornsteins Nr.2 im Heizkraftwerk Isalnita 413

FRANCISC GYULAI, ION SANTĂU, ADRIAN BEJ: Technische Erfahrungen und institutionelle Schranken bei der Förderung der Windkraftanlagen 418

DORU PĂUNESCU, FELICIA LAZĂR: Schutzeinrichtungen des Nationalen Verbundnetzes zwischen "ja" und "nein" 425

CONSTANTIN MUNTEANU: Die Arbeit unter Spannung in elektrischen Netzen 429

ALEXANDRA POPESCU, ANIŞOARA BUTNARU: Die Kompatibilität der Transformatoröle 434

СОДЕРЖАНИЕ

ОВИДИУ ЦУЦУЯНУ, ДЖЕОРДЖЕТА СТЭНЧУЛЕСКУ: Анализ факторов влияющих на выбросы CO_2 при производстве электроэнергии и тепла в установых РЕНЕЛ 405

НИКОЛАЕ БЭРАН: Расчетные элементы для опрделения размеров вытяжных воронок 410

ФЛОРЙН БОЯН, СОРИН ЗБАРЧА: Исследование технического состояния бетона-надстройки дымовой трубы № 2 на ТЭЦ Ишальница 413

ФРАНЧИСК ГЮЛАЙ, ИОАН САНТЭУ, АДРИАН БЕЖ: Технический опыт и ведомственные ограничения при внедрении ветроэнергетических установок 418

ДОРУ ПЭУНЕСКУ, ФЕЛИЧИА ЛАЗЭР: Защитные устройства национальной энергосистемы между "да" и "нет" 425

КОНСТАНТИН МУНТЕАНУ: Работа под напряжением в электрических сетях 429

АЛЕКСАНДРА ПОПЕСКУ, АНИШОАРА БУТНАР: Совместимость трансформаторных мясеи 434

SOMMAIRE

OVIDIU TUTUIANU, GEORGETA STANCIULESCU: L'analyse des facteurs qui influencent les émissions de CO_2 résultantes de la génération de l'énergie électrique et thermique dans les installations de RENEL 405

NICOLAE BĂRAN: Elements de calcul pour le dimensionnement des hottes d'aspiration 410

FLORIN BOIAN, SORIN ZBARCEA: Les protection du SME entre "oui" et "non" 413

FRANCISC GYULAI, ION SANTĂU, ADRIAN BEJ: Les éxpériences techniques et les barrières institutionnelles dans la promotion des sources aéroélectriques 418

DORU PĂUNESCU, FELICIA LAZĂR: L'analyse de la condition technique du béton de la superstructure de la cheminée nr. 2 - de la cenrtale électrothermique Işalniţa 425

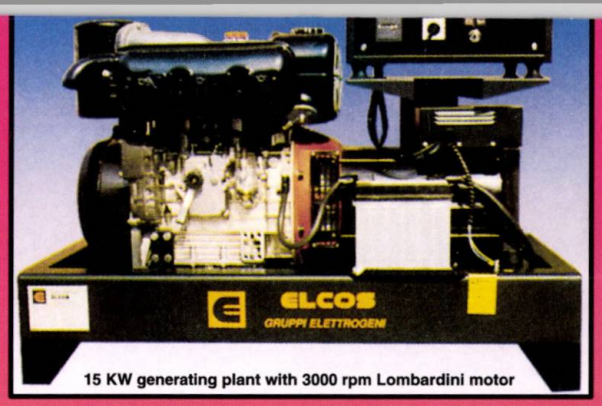
CONSTANTIN MUNTEANU: Le travail sous tension dans les réseaux électriques 429

ALEXANDRA POPESCU, ANIŞOARA BUTNARU: La compatibilité des huiles pour les transformateurs (de l'huile isolante , des inhibiteurs de corrosion, des additifs autooxydants) 434

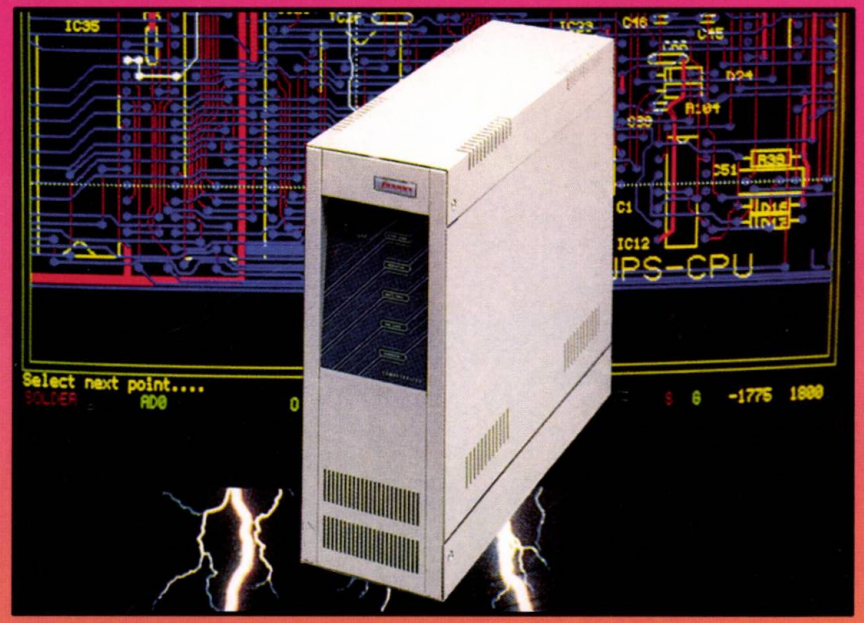
MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR

RO SHANDY s.r.l.

TEL.: 0040/1/746.05.67
TEL./FAX: 0040/1/312.95.10
BUCUREŞTI sector 6,
BD. TIMIŞOARA 39, bl. 36, ap.11



15 KW generating plant with 3000 rpm Lombardini motor



Societatea româno-italiană **RO SHANDY SRL** a fost creată ca societate mixtă cu parteneri italieni producători de echipamente electronice. Societatea funcţionează în domeniile: comerţ, producţie, proiectare, service pe echipamente fabricate în ITALIA.

Echipamentele pe care le oferim sunt următoarele:

- **SURSE DE ALIMENTARE NEÎNTRERUPTĂ** (UPS) în gama 100W...26kVA cu aplicaţii de alimentare a calculatoarelor şi reţelelor de calculatoare, sisteme de telecomunicaţii, centrale digitale, aparatură medicală, procese automatizate.
- **INVERTOR+REDRESOR** gama 500 VA.....800 kVA cu aplicaţii industriale, navale etc.
- **INVERTOARE SPECIALE** 110 Vc.c./220 Vc.a. şi 220 Vc.c./220 Vc.a. pentru staţii electrice RENEL.
- **STABILIZATOARE C.A** mono şi trifazate 300 W.....100 kVA.
- **REDRESOARE** cu microprocesor pentru încărcarea bateriilor.
- **CONVERTIZOARE TRIFAZATE c.a./c.c.** reversibile, cu recuperare de energie în reţea, controlate cu microprocesor.
- **CONVERTIZOARE STATICE DE FRECVENŢĂ FIXĂ** în gama 45...400 Hz şi puteri 1...600 kVA.
- **CONVERTIZOARE STATICE DE FRECVENŢĂ VARIABILĂ** pentru acţionarea motoarelor asincrone, monofazate şi trifazate, cu microcontroler şi control de câmp cu puteri 0,75....110 kW.
- **DEMAROR DE MOTOARE ASINCRONE**
- **GRUPURI ELECTROGENE** cu motoare IVECO AIFO, CUMMINS, PERKINS, VOLVO PENTA, SAME, VM, LOMBARDINI, LISTER PETTER, cu gama între 2...1400 kVA, răcire cu apă sau aer insonorizate, mobile sau construite în bază fixă.

Întreprinderea producătoare italiană *SHANDY* este atestată ISO 9001, iar produsele sunt omologate de institutul german FACHAUSSCHUB ELEKTROTECHNIK.

Romania RENEL

Romania RENEL

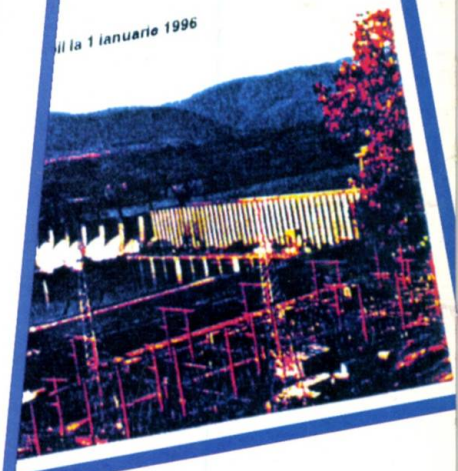
REGIA AUTONOMĂ DE ELECTRICITATE - RENEL

LOGUL

IILOR TEHNICE

E DE ELECTRICITATE - RENEL

il la 1 ianuarie 1996



Romania RENEL

REGIA AUTONOMĂ DE ELECTRICITATE
Grupul de Studii, Cercetare şi Inginerie

ISSN 1224 - 1105

bie Nr.4

iulie - august 1996

BULETIN INFORMATIV PENTRU ENERGIE

Centrul de Informare şi Documentare Energetică

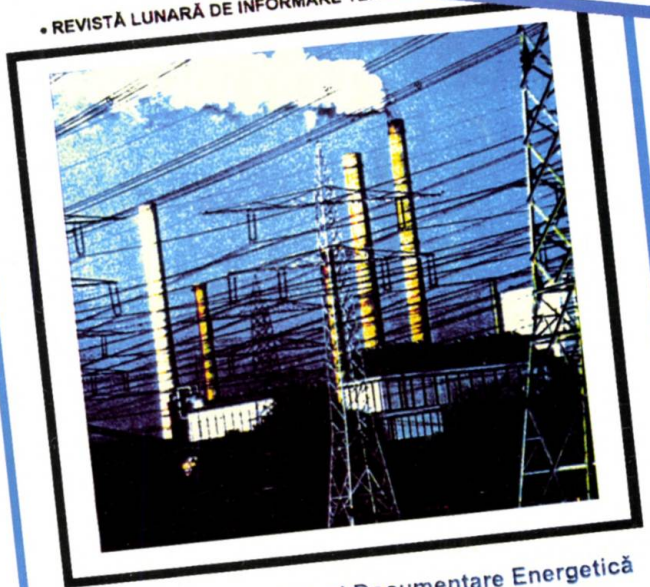
Romania RENEL

REGIA AUTONOMĂ DE ELEC
Grupul de Studii, Cercetare

5
Mai - 1996

PRODUCEREA, T
ŞI DISTRIBUŢIA
ELECTRICE ŞI

• REVISTĂ LUNARĂ DE INFORMARE TEHN



Centrul de Informare şi Documentare Energetică
Bucureşti

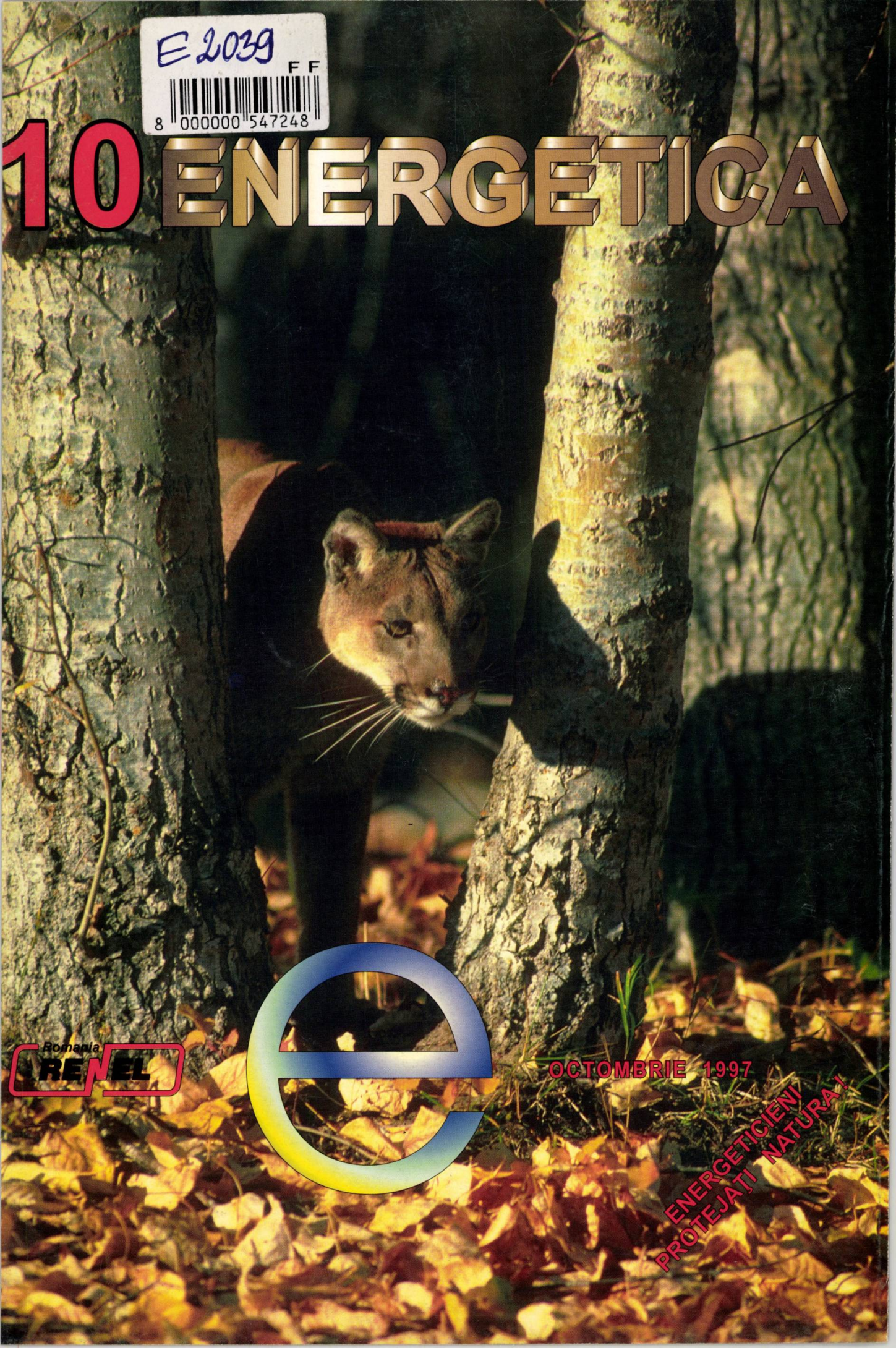
GSCI

CIDE - CENTRUL DE INFORMARE ŞI DOCUMENTARE ENERGETIC
Tel: 321.69.66/307; 323.67.30/235; fax:321.10.10

CIDE

E 2039 FF
8 000000 547248

10 ENERGETICA



Romania RENEL

OCTOMBRIE 1997

ENERGETICIENI PROTEJAȚI NATURA!

Our companies need no introduction

ABB Energo Ltd.
Bucharest

ABB Power T&D Ltd.
Bucharest

ABB Rometrics Ltd.
Bucharest

ABB Romania Ltd.
13-15, Calea Victoriei,
Sector 3, Bucharest

ABB

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR

ENERGETICA e®

ISSN: 1220 - 5133

REVISTA DE SPECIALITATE A ENERGETICIENILOR DIN ROMÂNIA

ANUL 45 Nr.10 OCTOMBRIE 1997

Include şi *Buletin Informativ ENERGETICA*

Revista ENERGETICA a fost înfiinţată în anul 1953, continuând tradiţia vechilor publicaţii inginereşti care au avut preocupări în domeniul energiei ca, de exemplu:
- Diaru pentru vulgarizarea ştiinţelor naturale şi fizice (1870 - 1882);
- Buletinul Societăţii Politehnice (1887 - 1944);
- Buletinul Asociaţiei Generale a Inginerilor din România - AGIR (1919 - 1946);
- ENERGIA, editată de ing. Dumitru Leonida (1921);
- Buletinul Asociaţiei Producătorilor şi Distribuitorilor de Energie Electrică - APDE (1932 - 1944);
- Buletinul Institutului Român de Energie - IRE (1933 - 1944)

COLEGIUL DE REDACŢIE

BIROUL: dr. ing. Eugeniu PAVEL- preşedinte ; ing. Vasile RUGINĂ - redactor-şef; dr. ing. Jean CONSTANTINESCU - redactor-şef adjunct; prof. dr. ing. Dumitru Cezar IONESCU - redactor-şef adjunct; dr. ing. Laurenţiu GOIA - secretar de redacţie; ing. Lucian LEFTER; ing. Ion CONECINI; ing. Vladimir CONSTANTINESCU; conf. dr. ing. Virgil MUŞATESCU; ing. Dan GHEORGHIU; ing. Nicolae NICULESCU; dr. ing. Ioan GANEA; ing. Mihai NICOLAU

MEMBRI: prof. dr. ing. Florin ALEXE; ing. Ovidiu APOSTOL; prof. dr. ing. Victor ATHANASOVICI; prof. dr. ing. Adrian BADEA ; prof. dr. ing. Cornel BIANCHI; ing. Paul CARTIANU; ing. Mircea CÂRDU; prof. dr. ing. Dorin CRISTESCU; prof. dr. ing. Nicolae DĂNILĂ; prof dr. ing. Nicolae GOLOVANOV ; prof. dr. ing. Dumitru IVAS; prof. dr. ing Aureliu LECA; dr. ing. Gheorghe LUCA; dr. ing. Magdalena MATEI; ing. Cornel MOŢIU; prof. dr. ing. Constantin NEAGA; prof. dr. ing. Mircea NEMEŞ; prof. dr. ing. Valeriu NISTREANU; ing. Cornel PÂSLARU; prof. dr. ing. Alexandru POEATĂ; dr. ing. Marius POMÂRLEANU; prof. dr. ing. Florin POP; dr. ing. Teodor POPA; dr. ing. Anca POPESCU; ing. Miron POPESCU; prof. dr. ing. Petre POSTOLACHE; dr. ing. Dan Ion PREDOIU; ing. Constantin RADU; ing. Radu REGMAN; dr. ing. Gabriel ROMAŞCU; ing. Anton ROŞU ; ing. Margarios SALGIAN; ing. Alexandru SĂNDULESCU; ing. Emilian SIMIAN; ing. Cristian TOTOLO; dr. ing. Anton VLĂDESCU.

REDACTOR: Ana Maria CHIVU tel. 322.06.92
321 69 66/149

©Toate drepturile asupra acestei publicaţii sunt rezervate editorului. Orice reproducere, integrală sau parţială, prin indiferent ce mijloace, a materialelor apărute în paginile publicaţiei se poate face numai cu aprobarea editorului. Sunt autorizate numai citările incluse în lucrări ştiinţifice sau în alte volume, cu precizarea sursei. Opiniile exprimate în articolele publicate în revistă aparţin autorilor şi nu reflectă în mod obligatoriu punctul de vedere al editorului. Orice persoană juridică sau fizică a cărei acţiune este în concordanţă sau în contradicţie cu opiniile exprimate în materialele publicate îşi asumă riscurile urmărilor, editorul şi autorii neavând nici o răspundere.

CUPRINS

HERMINA ALBERT: Consideraţii privind determinarea şi valoarea impedanţei homopolare a unităţilor de transformare cu tensiune primară 110 kV şi mai mult 443

IOAN FELEA, EMIL DALE : Aspecte privind impactul regimurilor deformante (RD) asupra fiabilităţii transformatoarelor electrice 452

MIHAI CREŢU, ŞTEFAN FRĂŢILĂ, LUCIAN NIŢĂ, CONSTANTIN SĂRMĂŞANU, CRISTIAN FOŞALĂU: Cercetări privind realizarea unui sistem numeric de măsurare pentru determinarea parametrilor de calitate a energiei electrice 459

EUGENIU POTOLEA, MIHAI SĂNDULEAC, RADU POPA: Analiza sistemelor trifazate în regim periodic nesinusoidal. Generalizarea şi completarea teoriei Budeanu 464

MIHAI IVAN, MARIN CRĂCIUN, LUMINIŢA ELEFTERESCU: Bancă de date privind calitatea energiei electrice 470

ISTORIA ELECTRIFICĂRII

EMIL COSTIN : Tarifele pentru energia electrică în România în anii 1990 - 1996 477

RECENZIE

VASILE RUGINĂ: Aureliu Leca: "*Principii de management energetic*" 485

Manifestări tehnico-ştiinţifice

* * * Consfătuire de lucru GPEET "*Funcţionarea economică a termo- şi hidrocentralelor*" 458

Our review publishes ADVERTISMENTS for your PRODUCTS, TECHNOLOGIES, SERVICES, etc.

Please, contact us at the address:
Revista ENERGETICA
GSCI, B-dul Energeticienilor nr.8,
Bucureşti III, RO 79619
Phone : (401)322.06.92 ; (401)321 69 66/149
Fax: (401)321 10 10
Telex: 10783 gsci r

INFORMAŢII, ABONAMENTE, PUBLICITATE
Maria Tomescu (tel. 323 67 30/143)
Silvia Romanescu (tel: 323 67 30/143)
DIFUZARE: *Adela Popescu* (tel: 323 67 30/188)

Abonamentele se pot face prin dispoziţie de plată sau mandat poştal trimis pe adresa editorului. Se pot face abonamente şi cu plata direct la sediul editorului. Costul unui abonament anual este 132 000 mii lei.
Cititorii din străinătate se pot abona prin achitarea c/v abonamentului (120 $) în contul editorului .
CONT BANCAR: 30.11.8.01.01. BCR Filiala sector 3, Bucureşti (lei)
472171611010 (valută)

Procesare computerizată : *Domnica Câmpeanu*
TIPAR:CIDE - Serviciul Tipografie.
Coperta tipărită la TIPO - AKTIS, Bucureşti

Redacţia şi administraţia : B-dul Energeticienilor, nr. 8, sector 3, 79619, Bucureşti

CONSIDERAŢII PRIVIND DETERMINAREA ŞI VALOAREA IMPEDANŢEI HOMOPOLARE A UNITĂŢILOR DE TRANSFORMARE CU TENSIUNE PRIMARĂ 110 kV ŞI MAI MULT

ing. HERMINA ALBERT *

În articol se prezintă aspecte privind tratarea problemei impedanţei homopolare (a schemei echivalente), a unităţilor de transformare în prezent, considerată - de regulă - ca fiind aceeaşi cu cea directă.

Se prezintă schemele de măsurare a acestei impedanţe şi relaţiile de verificare a rezultatelor obţinute prin probe.

Sunt date unele rezultate pentru tipurile curente de unităţi de transformare existente în sistemul energetic.

Several aspects related to the homopolar impedance (of the equivalent scheme) of the transformer stations are presented, considering it at present - as a general rule - as being the same as the direct impedance.

The measurement schemes of this impedance and the verification relations of the sampling results are also included.

Several results obtained for the types of the existing transformer stations are also presented.

Descriptori: trafo putere, reactanţă homopolară, măsurări, valori reale, calcule scurtcircuit

Introducere

Cunoaşterea valorilor impedanţei homopolare (de succesiune zero) este importantă pentru calculul curenţilor de scurtcircuit cu pământ (bifazaţi cu pământ şi monofazaţi), atât pentru valoarea acestor curenţi, cât şi - mai ales - pentru repartiţia curenţilor prin pământ în caz de defect.

În studiile întocmite în prezent, pentru conexiunea Y_nd (transformatoarele blocurilor generatoare şi 110 kV/MT), precum şi pentru conexiunea Y_n Y_nd (autotransformatoarele 400/231/22 kV şi 225/123/10,5 kV, transformatorul 400/121/10,5 kV) valoarea reactanţei homopolare se consideră egală cu cea a reactanţei directe.

În cazul transformatoarelor (autotransformatoarelor) realizate din trei unităţi monofazate sau având miezul realizat cu cinci coloane, probabilitatea ca afirmaţia să fie corectă este mai mare.

Pentru unităţile de transformare cu o conexiune stea - triunghi, realizate cu miezuri având trei coloane, nu mai există această certitudine. Astfel, de exemplu, raportul tehnic CEI - 909 - 2/1992 indică:

- în tabelul 3A, *Caracteristici reale ale transformatoarelor cu două înfăşurări,* valori pentru raportul x_h / x_d cuprinse între 0,7 (transformator 24 MVA, 33/11 kV, Anglia) şi 1,6 (transformator 400/132 kV, 500 MVA, Danemarca);
- în tabelul 3B, *Caracteristici reale ale transformatoarelor cu trei înfăşurări,* valori pentru raportul x_h / x_d cuprinse între 0,15 (transformator 110/38,5/6,3 kV; 31,5 MVA, China) şi 1 MVA (transformator 239/130/13,8 kV, Italia);
- în tabelul 3C, *Caracteristici reale ale autotransformatoarelor cu sau fără înfăşurare terţiară,* valori pentru raportul x_h/x_d cuprinse între 0,2 (autotransformator 400/132/18 kV, 250/75/75 MVA, Ungaria) şi 1,56 (autotransformator 400/231/30 kV, 660/198/198 MVA, Germania).

În aceste condiţii, a apărut necesară o investigare privind valoarea reactanţei homopolare a unităţilor de transformare existente în SEN pentru efectuarea unor calcule de scurtcircuit monofazat şi bifazat cu pământul cât mai exacte şi, mai ales, pentru o cât mai corectă determinare a curentului homopolar pe baza căruia sunt dimensionate prizele de pământ şi protecţiile pentru instalaţiile de telecomunicaţii.

* Institutul de Studii şi Proiectări Energetice, Bucureşti

1. Măsurarea impedanţei homopolare

Modul de determinare al impedanţei homopolare este reglementat de STAS 1703/7 - 80 şi este diferit după conexiunea unităţii de transformare.

1.1. Conform STAS 1703/7 - 80, *Transformatoare de putere, Metode de încercare pentru determinarea impedanţei homopolare la unităţile de transformare care au un singur punct neutru (de exemplu $Y_n d$),* proba de determinare a impedanţei homopolare (fig. 1) comportă alimentarea celor trei înfăşurări printr-o sursă monofazată.

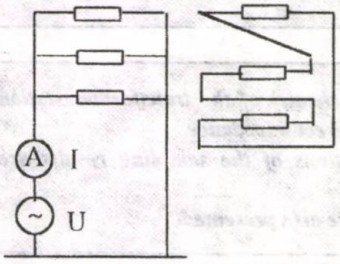


Fig. 1.

Se obţine pentru impedanţa pe fază (cu aproximaţia admisibilă $Z \cong X$):

$$X_h = \frac{U}{I/3} = \frac{3U}{I}\ \Omega\ . \qquad (1)$$

Măsurarea se face în fabrică, dar poate fi realizată şi în exploatare, prin utilizarea unei tensiuni reduse accesibile.

1.2. Conform STAS 1703/7 - 80, în cazul transformatoarelor având mai mult de o înfăşurare în stea cu neutrul scos, impedanţa homopolară depinde de conexiuni, iar încercările necesare vor fi stabilite prin înţelegere între producător şi beneficiar, printr-un document tehnic normativ.

Impedanţa homopolară poate avea mai multe valori, căci ea depinde nu numai de modul de legare a înfăşurărilor, ci şi de grupa de conexiuni (cuplaj) şi modul de legare a bornelor de linie ale acestora şi a bornelor lor de nul.

De exemplu, pentru un transformator cu două înfăşurări, dacă cea de a doua înfăşurare este în stea cu punctul de nul scos, se pot defini două impedanţe homopolare după cum această a doua înfăşurare este în gol (impedanţa homopolară în gol) sau cu borna sa de nul scurtcircuitată cu bornele de linie ale ei (impedanţă homopolară în scurtcircuit).

Depinzând de aşezarea geometrică a înfăşurărilor şi a părţilor magnetice, valorile impedanţei măsurate în diferite înfăşurări pot să nu coincidă.

La înfăşurările cu prize, măsurările trebuie făcute pe prizele principale. Se pot face măsurări şi pe alte prize, conform celor stabilite la înţelegere între producător şi beneficiar printr-un document normativ.

Autotransformatoarele care au bornă neutră, destinată a fi pusă la pământ în mod permanent, trebuie să fie tratate ca transformatoare cu două înfăşurări conectate în stea. In acest fel, înfăşurarea comună şi înfăşurarea stea formează împreună un circuit de măsurare, iar înfăşurarea comună, singură, celălalt. Măsurările sunt efectuate cu un curent care nu depăşeşte diferenţa dintre curenţii nominali pe partea de joasă tensiune şi cei de pe partea de înaltă tensiune.

Pentru determinarea impedanţei homopolare a unităţilor de transformare cu trei înfăşurări, dintre care două cu neutrul accesibil, iar a treia înfăşurare în triunghi (închis sau deschis) este necesar să se considere unitatea ca un cuadripol pasiv cu borne de acces la înfăşurările cu neutru legat la pământ (înaltă şi joasă tensiune) (fig. 2).

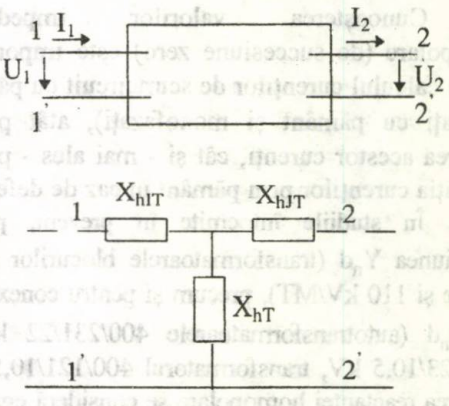


Fig. 2.

Constantele acestui cuadripol se pot determina prin probe de mers în gol şi scurtcircuit. Se ştie că ecuaţiile cuadripolului pot fi scrise în funcţie de mărimile $\underline{U}_2$ şi I_2 :

$$\underline{U}_1 = \underline{A}\,\underline{U}_2 + \underline{B}\,\underline{I}_2\ ; \quad \underline{I}_1 = \underline{C}\,\underline{U}_2 + \underline{D}\,\underline{I}_2\ , \qquad (2)$$

sau în funcţie de mărimile $\underline{U}_1$ şi $\underline{I}_1$:

$$\underline{U}_2 = \underline{D}\,\underline{U}_1 - \underline{B}\,\underline{I}_1\ ; \quad \underline{I}_2 = -\underline{C}\,\underline{U}_1 + \underline{A}\underline{I}_1\ . \qquad (3)$$

În ambele cazuri trebuie satisfăcută relaţia

$$AD - BC = 1\ . \qquad (4)$$

Efectuând probe de mers în gol şi scurtcircuit (fig. 3 şi fig. 4) se obţin:

• utilizând relaţiile (2) şi (3)

- la mers în gol $I_2 = 0$ $\underline{Z}_{h10} = \frac{\underline{A}}{\underline{C}}$;
- la scurtcircuit $U_2 = 0$ $\underline{Z}_{h1scc} = \frac{\underline{B}}{\underline{D}}$;
- la mers în gol $I_1 = 0$ $\underline{Z}_{h20} = \frac{\underline{D}}{\underline{C}}$,

$$A = C\ Z_{h10}\ , \qquad (5a)$$

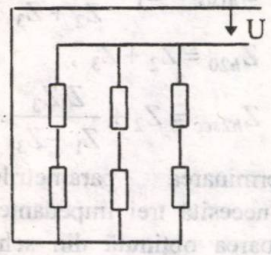
$$B = D\ Z_{h1\,scc}\ , \qquad (5b)$$

$$C = \frac{1}{\sqrt{Z_{h20}(Z_{h10} - Z_{h1scc})}}\ , \qquad (5c)$$

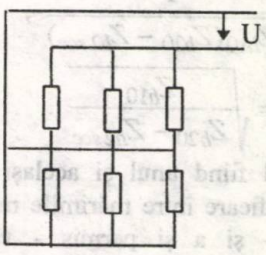
$$D = \sqrt{\frac{Z_{h20}}{Z_{h10} - Z_{h1scc}}}\ , \qquad (5d)$$

Probele efectuate sunt:

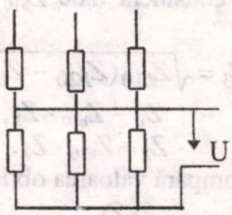
• pentru un autotransformator:



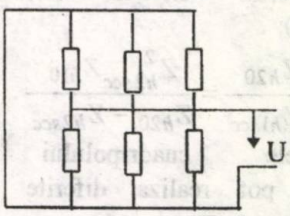
determinarea impedanţei în gol Z_{h10}



determinarea impedanţei în scurtcircuit $Z_{h1\,sec}$



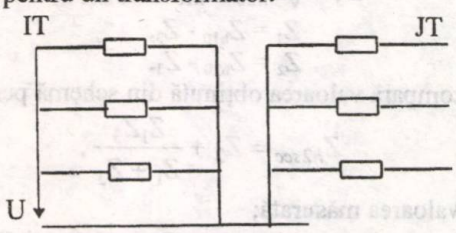
determinarea impedanţei în gol Z_{h20}



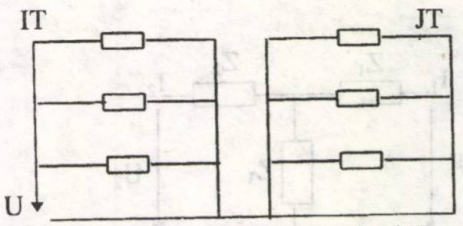
determinarea impedanţei în scurtcircuit $Z_{h2\,sec}$

Fig. 3. Determinarea impedanţei homopolare a unui autotransformator.

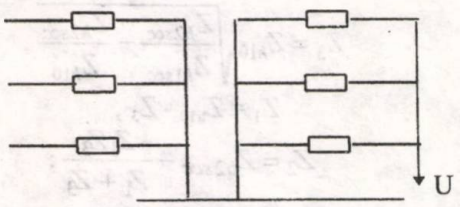
• pentru un transformator:



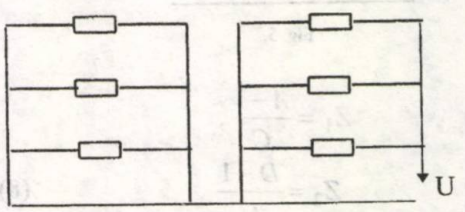
determinarea impedanţei în gol Z_{h10}



determinarea impedanţei în scurtcircuit $Z_{h1\,sec}$



determinarea impedanţei în gol Z_{h20}



determinarea impedanţei în scurtcircuit $Z_{h2\,sec}$

Fig. 4. Determinarea impedanţei homopolare a unui transformator $Y_n Y_n$.

• utilizând relaţiile (2) şi (3):

- la mers în gol $I_1 = 0$ $\underline{Z}_{h20} = \frac{\underline{D}}{\underline{C}}$;

- la scurtcircuit $U_1 = 0$ $\underline{Z}_{h2scc} = \frac{\underline{B}}{\underline{A}}$;

- la mers în gol $I_2 = 0$ $\underline{Z}_{h10} = \frac{\underline{A}}{\underline{C}}$,

$$D = CZ_{h20}\,, \tag{6a}$$

$$B = AZ_{h2\,scc}\,, \tag{6b}$$

$$C = \frac{1}{\sqrt{Z_{h10}(Z_{h20} - Z_{h2scc})}}\,, \tag{6c}$$

$$A = \sqrt{\frac{Z_{h10}}{Z_{h20} - Z_{h2scc}}}\,. \tag{6d}$$

Cuadripolul fiind unul şi acelaşi rezultă două relaţii de verificare între mărimile măsurate, ceea ce permite - şi a şi permis - validarea rezultatelor obţinute prin măsurări.

Astfel, din (5*c*) şi (6*c*) se obţine:

$$Z_{h20}\,(Z_{h10} - Z_{h1\,scc}) = Z_{h10}\,(Z_{h20} - Z_{h2\,scc})\,, \tag{7a}$$

iar din (5*b*) şi (6*b*):

$$\frac{Z^2_{h1scc} Z_{h20}}{Z_{h10} - Z_{h1scc}} = \frac{Z^2_{h2scc} Z_{h10}}{Z_{h20} - Z_{h2scc}}\,. \tag{7b}$$

Constantele cuadripolului fiind determinate se pot realiza diferite scheme echivalente (în T sau în Π).

În programele de calcul al curenţilor de scurtcircuit utilizate în prezent este folosită schema T. Impedanţele echivalente ale acestei scheme, raportate la aceeaşi tensiune şi putere sunt:

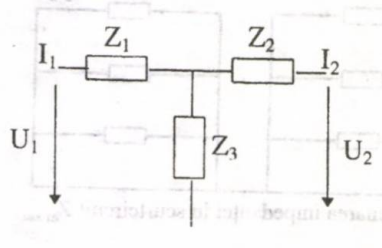


Fig. 5.

$$Z_1 = \frac{A-1}{C}\,,$$

$$Z_2 = \frac{D-1}{C}\,, \tag{8}$$

$$Z_3 = \frac{1}{C}\,.$$

Cu aproximarea făcută $X \cong Z$, acestea se vor considera în cele ce urmează ca reactanţe.

1.3. Determinarea constantelor schemei echivalente în T se poate face şi prin simpla vizualizare a schemei. Mărimile obţinute prin probele de gol şi scurtcircuit trebuie raportate la aceeaşi tensiune şi putere.

Se obţine:

$$Z_{h10} = Z_1 + Z_3\,, \tag{9a}$$

$$Z_{h1scc} = Z_1 + \frac{Z_2 Z_3}{Z_2 + Z_3}\,, \tag{9b}$$

$$Z_{h20} = Z_2 + Z_3\,, \tag{9c}$$

$$Z_{h2scc} = Z_2 + \frac{Z_1 Z_3}{Z_1 + Z_3}\,. \tag{9d}$$

Determinarea parametrilor schemei echivalente necesită trei impedanţe măsurate. Se verifică valoarea obţinută din schemă pentru a patra mărime cu cea măsurată.

Astfel, dacă:

• se consideră date Z_{h10} , Z_{h20} , Z_{h2scc} se obţine:

$$Z_3 = \sqrt{Z_{h10}(Z_{h20} - Z_{h2scc})}\,,$$
$$Z_1 = Z_{h10} - Z_3\,, \tag{10a}$$
$$Z_2 = Z_{h20} - Z_3\,.$$

Se compară valoarea obţinută din schemă

$$Z_{h1scc} = Z_1 + \frac{Z_2 Z_3}{Z_2 + Z_3}$$ cu cea măsurată; (10*b*)

• se consideră date Z_{h10} , Z_{h20} şi Z_{h1scc} şi se obţine:

$$Z_3 = \sqrt{Z_{h20}(Z_{h10} - Z_{h1scc})}\,,$$
$$Z_1 = Z_{h10} - Z_3\,, \tag{11a}$$
$$Z_2 = Z_{h20} - Z_3\,,$$

se compară valoarea obţinută din schemă pentru

$$Z_{h2scc} = Z_2 + \frac{Z_1 Z_3}{Z_1 + Z_3}\,, \tag{11b}$$

cu valoarea măsurată;

• se consideră date Z_{h10} , $Z_{h1\,scc}$ şi $Z_{h2\,scc}$ şi se obţine:

$$Z_3 = Z_{h10}\sqrt{\frac{Z_{h2scc}}{Z_{h1scc}} - \frac{Z_{h2scc}}{Z_{h10}}}\,,$$
$$Z_1 = Z_{h10} - Z_3\,, \tag{12a}$$
$$Z_2 = Z_{h2scc} - \frac{Z_1 Z_3}{Z_1 + Z_3}\,;$$

se compară valoarea obţinută din schemă pentru

$$Z_{h20} = Z_2 + Z_3 \tag{12b}$$

cu valoarea măsurată;

• se consideră date Z_{h20} , $Z_{h1\,scc}$, $Z_{h2\,scc}$ şi se obţine:

$$Z_3 = Z_{h20}\sqrt{\frac{Z_{h1scc}}{Z_{h2scc}} - \frac{Z_{h1scc}}{Z_{h20}}},$$

$$Z_2 = Z_{h20} - Z_3, \qquad (13a)$$

$$Z_1 = Z_{h1scc} - \frac{Z_{h2scc}Z_3}{Z_{h2scc} + Z_3};$$

se compară valoarea obţinută din schemă pentru

$$Z_{h10} = Z_1 + Z_3 \qquad (13b)$$

cu valoarea măsurată.

1.4. În prezent, în calculele de scurtcircuit monofazat şi trifazat cu pământ se consideră impedanţele (reactanţele) aceleaşi în schema directă şi homopolară.

Schema echivalentă homopolară a transformatorului introdusă în calcul este cea din figura 6.

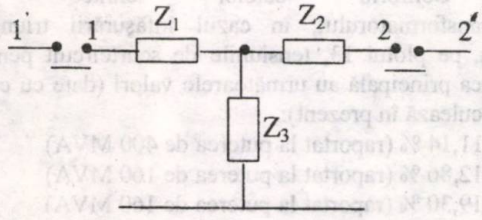


Fig. 6.

$$Z_1 = \frac{u_1\%}{100}\frac{U^2}{S_{nom}},$$

$$Z_2 = \frac{u_2\%}{100}\frac{U^2}{S_{nom}}, \qquad (14a)$$

$$Z_3 = \frac{u_3\%}{100}\frac{U^2}{S_{nom}},$$

în care u_1, u_2, şi u_3 se obţin din valorile tensiunilor de scurtcircuit dintre înfăşurări (raportate la aceeaşi putere) cu relaţiile cunoscute:

$$u_1 = \frac{u_{12} - u_{23} + u_{31}}{2},$$

$$u_2 = \frac{u_{12} + u_{23} - u_{31}}{2},$$

$$u_3 = \frac{u_{23} + u_{31} - u_{12}}{2},$$

u_{12} , u_{23},, u_{31} fiind tensiunile de scurtcircuit - raportate la aceeaşi putere - date de fabrică.

În aceste condiţii, se obţin valorile care interesează în stabilirea curentului de scurtcircuit:

$$Z_{h1scc} = Z_1 + \frac{Z_2Z_3}{Z_2 + Z_3},$$

$$Z_{h2scc} = \frac{Z_1Z_3}{Z_1 + Z_3} + Z_2, \qquad (14b)$$

valori ce pot fi comparate - pentru diferitele tipuri de unităţi de transformare - cu cele obţinute prin măsurarea impedanţelor reale homopolare de gol şi scurtcircuit, pentru a stabili oportunitatea introducerii unor alte scheme echivalente în reţeaua homopolară.

Mai trebuie semnalată marea importanţă a valorii impedanţei Z_3 , chiar la realizarea unor aceleaşi impedanţe homopolare de scurtcircuit.

Astfel, considerând două scheme cu aceleaşi impedanţe homopolare echivalente de scurtcircuit, dar cu Z_3 diferit (fig. 7):

$$Z_{h1scc} = a + \frac{bc}{b+c} = a' + \frac{b'kc}{b'+kc},$$

$$Z_{h2scc} = b + \frac{ac}{a+c} = b' + \frac{a'kc}{a'+kc}.$$

repartiţia curentului homopolar este diferită.

Dacă se menţin ambele impedanţe de scurtcircuit $Z_{h1\,scc}$ şi $Z_{h2\,scc}$, dar se modifică Z_3, se modifică ambele impedanţe $\underline{Z}_1$ şi $\underline{Z}_2$.

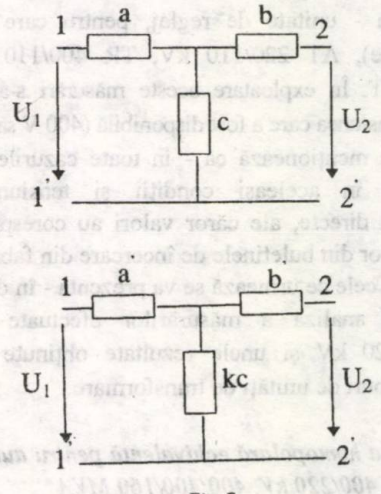


Fig. 7.

Se prezintă o exemplificare pentru următoarele trei scheme în care impedanţele $Z_{h1\,scc}$ şi $Z_{h2\,scc}$ sunt egale, curentul total de scurtcircuit I (considerat 100%) nu se schimbă, dar repartiţia curentului homopolar este diferită (valori în %) (fig. 8).

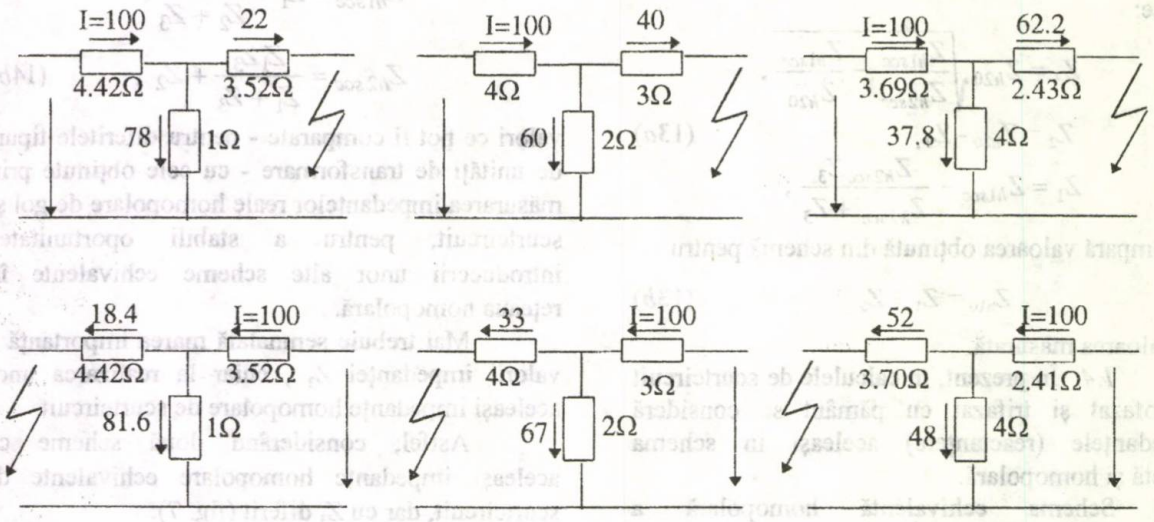


Fig. 8.

2. Rezultate obţinute

În lipsa unei preocupări anterioare sistematice, pentru cunoaşterea reactanţelor homopolare ale unităţilor de transformare a fost necesară efectuarea unor probe la care au participat Electroputere Craiova, ELEROM Roman, FE Bucureşti, FRE Bacău, FRE Galaţi şi FRE Piteşti.

Măsurările s-au efectuat pentru AT 400/220 kV (la acesta şi pentru reactanţa directă unitate procentuală - unitate de reglaj, pentru care nu au existat date), AT 220/110 kV, TR 400/110 kV şi TR 110/MT. În exploatare aceste măsurări s-au făcut aplicând tensiunea care a fost disponibilă (400 V sau MT).

Se menţionează că - în toate cazurile - s-au determinat în aceleaşi condiţii şi tensiunile de scurtcircuit directe, ale căror valori au corespuns, de regulă, celor din buletinele de încercare din fabrică.

În cele ce urmează se va prezenta - în detaliu - modul de analiză a măsurărilor efectuate pentru AT 400/220 kV şi unele rezultate obţinute pentru celelalte tipuri de unităţi de transformare.

2.1. Schema homopolară echivalentă pentru autotransformatorul 400/220 kV, 400/400/160 MVA

Pentru AT 400/220 kV din staţia Bradu - FRE Piteşti, funcţionând cu reglaj de unghi de $+120^0$, s-au obţinut prin măsurare - pe plotul mediu:

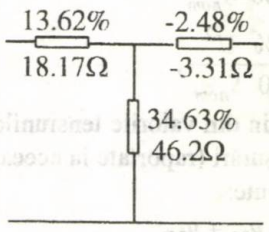
$Z_{h10} = 190\ \Omega$,
$Z_{h1scc} = 47{,}789\ \Omega$,
$Z_{h20} = 44{,}509\ \Omega$,
$Z_{h2scc} = 11{,}087\ \Omega$,

Conform datelor tehnice ale autotransformatorului, în cazul înfăşurării triunghi închis, pe plotul 13, tensiunile de scurtcircuit pentru unitatea principală au următoarele valori (date cu care se calculează în prezent):

$u_{12} = 11{,}14\ \%$ (raportat la puterea de 400 MVA)
$u_{23} = 12{,}86\ \%$ (raportat la puterea de 160 MVA)
$u_{13} = 19{,}30\ \%$ (raportat la puterea de 160 MVA)

(2.1.)

Cu aceste valori raportate la 400 MVA şi 231 kV, utilizând relaţiile (1), (2), (3) s-a obţinut pentru unitatea principală schema din figura 9 în care sunt indicate tensiunile de scurtcircuit pe fază, în procente, şi impedanţele, în ohmi.



$$Z_N = \frac{231^2}{400} = 133{,}4\ \Omega$$

Fig. 9.

Până în prezent această schemă este utilizată pentru stabilirea impedanţelor homopolare raportate la tensiunea de calcul (de exemplu 231 kV).

În această schemă

$$(Z_{h1scc})_{calculat} = 18{,}17 - \frac{3{,}31 \cdot 46{,}2}{42{,}89} = 14{,}6\ \Omega .$$

Deoarece impedanţele homopolare s-au măsurat pe ansamblul unitate principală - unitate de reglaj schema directă se corectează cu impedanţa aferentă înfăşurării de reglaj şi se obţine (fig. 10):

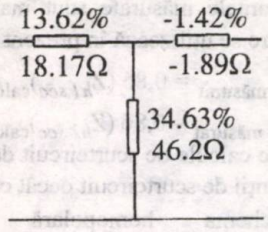


Fig. 10.

$$(Z_{h1scc})_{calculat} = 18{,}17 - \frac{1{,}89 \cdot 46{,}2}{44{,}31} = 16{,}2\,\Omega,$$

$$(Z_{h2scc})_{calculat} = -1{,}89 + \frac{18{,}17 \cdot 46{,}2}{64{,}37} = 11{,}15\,\Omega.$$

Valoarea $(Z_{h1\,scc})_{calculat}$ trebuie comparată cu

$$(Z_{h1scc})_{măsurat} = 47{,}789\left(\frac{231}{400}\right)^2 = 15{,}93\,\Omega.$$

Rezultă:

$$(Z_{h1\,scc})_{măsurat} = 0{,}983\,(Z_{h1\,scc})_{calculat},$$

$$(Z_{h2\,scc})_{măsurat} = 0{,}99\,(Z_{h2\,scc})_{calculat}.$$

Pentru determinarea cuadripolului echivalent corect de introdus în schema homopolară (echivalent T) se utilizează relaţiile (8) şi se fac verificările date de relaţiile (7*a*) şi (7*b*)

Impedanţele (plot median 13) raportate la 231 kV sunt:

$$Z_{h10} = 63{,}366\,\Omega,$$

$$Z_{h1\,scc} = 15{,}938\,\Omega,$$

$$Z_{h20} = 44{,}509\,\Omega,$$

$$Z_{h2\,scc} = 11{,}09\,\Omega.$$

Verificând concordanţa între valorile măsurate cu relaţia (7*a*):

44,509 (63,366 - 15,938) = 2110,97,
63,366 (44,509 - 11,09) = 2117,62,

abatere 0,3 % ,valorile obţinute pentru C şi Z_3 sunt

$C_1 = 0{,}02176$ S/ fază; $C_2 = 0{,}02173$ S/ fază;
$Z_{31} = 45{,}95\,\Omega$/ fază; $Z_{32} = 46{,}02\,\Omega$/ fază

şi relaţia (7*b*):

$$B_1 = \sqrt{\frac{15{,}938^2 \cdot 44{,}509}{63{,}366 - 15{,}938}} \cong 15{,}44\,\Omega,\ \text{abatere 1 \%},$$

$$B_2 = \sqrt{\frac{11{,}09^2 \cdot 63{,}366}{44{,}509 - 11{,}09}} = 15.27\,\Omega,$$

$$A = \sqrt{\frac{63{,}366}{44{,}509 - 11{,}09}} = 1{,}377,$$

$$D = \sqrt{\frac{44{,}509}{63{,}366 - 15{,}938}} = 0{,}9687,$$

se verifică relaţia $AD - BC = 1$:

$AD - B_1 C_1 = 1{,}3339 - 0{,}336 = 0{,}9979$, abatere - 0,002;

$AD - B_2 C_2 = 1{,}3339 - 0{,}3318 = 1{,}002$, abatere + 0,002.

Utilizând relaţiile (8) se obţine echivalentul în T (fig. 11) :

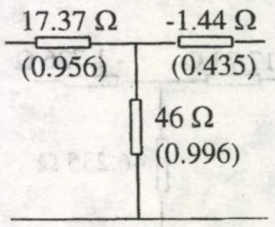


Fig. 11.

$$Z_1 = \frac{1{,}377 - 1}{0{,}0217} = 17{,}37\ \ \Omega,$$

$$Z_2 = \frac{0{,}9687 - 1}{0{,}0217} = 1{,}44\ \ \Omega,$$

$Z_3 \cong 46\,\Omega$ / fază.

Se obţin:

$Z_{h10} = 63{,}37\,\Omega$, abatere 0 %,

$Z_{h20} = 44{,}56\,\Omega$, abatere 0,1 %,

$$Z_{h1scc} = 17{,}37 - \frac{1{,}44 \cdot 46}{44{,}56} = 15{,}88\ \Omega,$$

abatere 0,3 %,

$$Z_{h2scc} = -1{,}44 + \frac{17{,}37 \cdot 46}{63{,}37} = 11{,}17\,\Omega,\ \text{abatere 0,7 \%}.$$

Deşi în schema din figura 11 abaterile faţă de valorile măsurate sunt sub 1 % se analizează şi schemele homopolare echivalente, în care se menţin exact impedanţele de scurtcircuit:

Astfel:

- relaţiile (1), (3), (12*a*):

$$Z_3 = 63{,}366\sqrt{\frac{11{,}09}{15{,}938} - \frac{11{,}09}{63{,}366}} = 45{,}73\ \Omega,$$

$Z_1 = 63{,}366 - 45{,}73 = 17{,}636\,\Omega$,

$$Z_2 = 11{,}09 - \frac{17{,}636 \cdot 45{,}73}{63{,}366} = -1{,}637\ \Omega,$$

rezultă (relaţia 12 *b*) $Z_{h20} = 44{,}09\,\Omega$, abatere 1 %;

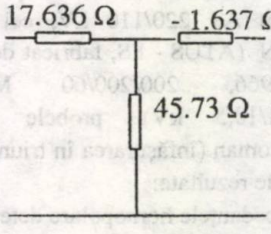


Fig. 12.

- relaţiile (1), (3), (13*a*):

$$Z_3 = 44{,}509\sqrt{\frac{15{,}938}{11{,}09} - \frac{15{,}938}{44{,}509}} = 46{,}235\ \ \Omega,$$

$$Z_2 = 44{,}509 - 46{,}235 = -1{,}726\ \Omega,$$

$$Z_1 = 15{,}938 + \frac{1{,}726 \cdot 46{,}235}{44{,}509} = 17{,}73\ \Omega,$$

rezultă (relaţia 13*b*) $Z_{h10} = 63{,}965\ \Omega$, abatere 0,9 %.

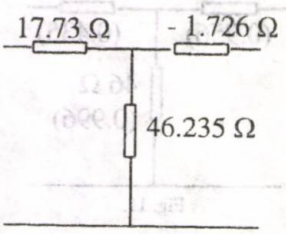


Fig. 13.

Din analiza rezultatelor prezentate rezultă că schemele sunt practic echivalente.

Abateri minime pentru toate cele patru impedanţe se obţin în schema din figura 11, care se propune a fi adoptată.

În raport cu schema directă impedanţele au valorile indicate în paranteze.

Este interesant de observat că, raportat la impedanţa directă (Z_{12}), între înfăşurările de 400 kV şi 231 kV se obţine:

$$\frac{Z_{h1scc}}{Z_{12}} = \frac{47{,}789}{49{,}35} = 0{,}968\ \Omega,$$

$$\frac{Z_{h2scc}}{Z_{12}} = \frac{11{,}087}{16{,}377} = 0{,}677\ \Omega.$$

Măsurări efectuate la Gutinaş (pentru autotransformator funcţionând cu decalaj de unghi tot de $+120^0$), la Lacul Sărat şi Gutinaş pentru AT funcţionând cu reglaj longitudinal, au condus, practic, la aceleaşi concluzii.

2.2. Schema homopolară echivalentă pentru autotransformator 220/110 kV ; 200/200/60 MVA

Acest autotransformator se realizează în mai multe tipuri constructive, care diferă - din punctul de vedere al problemei tratate - prin valorile tensiunilor de scurtcircuit între înfăşurări şi reglajul tensiunii (pe partea de 220 kV - în majoritate - sau pe 110 kV).

Pentru AT 220/110 kV, cel mai frecvent întâlnit în SEN (ATUS - FS, fabricat de Electroputere Craiova 1966, 200/200/60 MVA; 231± 12x1,25%/121/10,5 kV), probele efectuate de ELEROM - Roman (înfăşurarea în triunghi închisă) au dat următoarele rezultate:

- Impedanţele homopolare determinate au fost

$Z_{h10} = 72{,}6\ \Omega$/fază; $Z_{h1\,scc} = 20{,}6\ \Omega$/fază;

$Z_{h20} = 13{,}86\ \Omega$/fază; $Z_{h2\,scc} = 3{,}66\ \Omega$/fază.

- Comparând valorile rezultate din schema directă cu cele măsurate, raportate însă la 121 kV, rezultă că reactanţele măsurate sunt mai mici decât cele calculate care se utilizează în prezent :

$$Z_{h1\,scc\ măsurat} = 0{,}85\,(Z_{h1\,scc})_{calculat},$$

$$Z_{h2\,scc\ măsurat} = 0{,}86\,(Z_{h2\,scc})_{calculat}$$

şi, deci, actualele calcule de scurtcircuit dau valori mai mici pentru curenţii de scurtcircuit decât cele reale.

- Schema homopolară echivalentă recomandabilă este prezentată în figura 4.

În raport cu schema directă impedanţele homopolare reprezintă valorile indicate în paranteză.

Este interesant de observat că, raportat la impedanţa directă între înfăşurările de 220 kV şi 110 kV, (Z_{12}), se obţine:

$$\frac{Z_{h1scc}}{Z_{12}} = \frac{5{,}65}{6{,}73} \cong 0{,}84\ \Omega,$$

$$\frac{Z_{h2scc}}{Z_{12}} = \frac{3{,}66}{6{,}73} = 0{,}54\ \Omega.$$

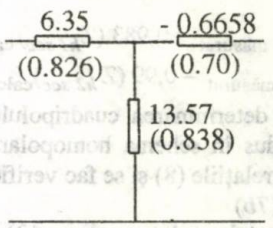


Fig. 14.

Pentru celelalte tipuri de AT 220/110 kV raportul dintre valorile impedanţei homopolare de scurtcircuit măsurată şi cea determinată prin calcul pe schema directă (considerând $x_h = x_d$) se încadrează în limitele de 0,96 şi 1, deci erorile în determinarea curenţilor de scurtcircuit nu sunt semnificative. Se remarcă faptul că valorile curenţilor prin pământ sunt - pentru schema determinată pe bază de măsurări - mult mai mari, impedanţa Z_3 fiind 80 % din cea corespunzătoare schemei directe.

2.3. Schema homopolară echivalentă pentru transformatorul 400/121 kV

Pentru transformatorul de 250/250/80 MVA, 400 ± 8 x 1,56/121/20 kV s-au efectuat măsurători la fabrica Electroputere Craiova.

În concordanţa cu practica actuală, în care se consideră raportul impedanţelor în schema homopolară şi directă egal cu 1, s-ar obţine, pe baza valorilor tensiunilor de scurtcircuit pentru plotul 9, schema echivalentă din figura 15, raportată la 250 MVA şi 121 kV.

Impedanţele de scurtcircuit calculate pe baza aceestei scheme sunt:

$$(Z_{h1\,scc})_{calculat} = 11{,}11 - \frac{1{,}64 \cdot 9{,}69}{8{,}05} \cong 9{,}136\ \Omega,$$

$$(Z_{h2\,scc})_{calculat} = -1{,}64 + \frac{11{,}11 \cdot 9{,}69}{20{,}80} \cong 3{,}536\ \Omega.$$

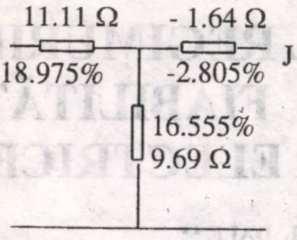


Fig.15.

Valorile obţinute prin acest calcul sunt mai mici decât cele măsurate, dar raportul între acestea este apropiat de 1. Astfel:

$$Z_{h1\ scc\ măsurat} = 1{,}018\ (Z_{h1\ scc})_{calculat},$$

$$Z_{h2\ scc\ măsurat} = 1{,}077\ (Z_{h2\ scc})_{calculat}.$$

Rezultă că prin schema folosită în prezent se obţin valori acoperitoare pentru curenţii de scurtcircuit.

Determinarea schemei homopolare pentru acest transformator se poate face pe baza impedanţelor homopolare măsurate de Electroputere.

S-a obţinut schema din figura 16, în care, în paranteze, este indicat raportul dintre impedanţele homopolare şi cele directe

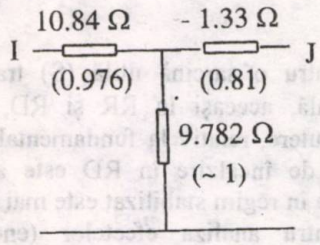


Fig. 16.

2.4. Schema homopolară pentru transformatoarele 110/MT

Multiple măsurări efectuate la Electroputere, ELEROM - Roman S.A şi în exploatare au evidenţiat faptul că, pentru toate unităţile (110/20 kV, 110/10 kV, 110/6 kV) raportul $x_h/x_d = 0{,}89 \div 0{,}91$.

Această concluzie este deosebit de importantă, deoarece curenţii homopolari vor marca o creştere, în special în zonele staţiilor cu mai multe transformatoare de acest tip.

Concluzii

Scopul acestui articol este de a atrage atenţia asupra importanţei cunoaşterii cât mai exacte a valorilor impedanţelor homopolare ale unităţilor de transformare

S-a urmărit indicarea modului de determinare, prin probe, a acestor impedanţe şi, mai ales, a relaţiilor de verificare a rezultatelor obţinute prin măsurare, care să permită stabilirea unor scheme echivalente pentru principalele tipuri de unitate de transformare din SEN.

Prin indicarea schemei de măsurare (fig. 3 şi 4) şi a relaţiilor de verificare a rezultatelor obţinute, determinarea impedanţelor homopolare poate fi realizată în orice instalaţie electrică, în exploatare.

Valorile indicate pentru impedanţele homopolare în gol şi în scurtcircuit pot servi ca orientare pentru cei ce vor face experimentări în exploatare.

Rezultatele prezentate pot fi utilizate în calculul curenţilor de scurtcircuit cu pământ, în lipsa unor date referitoare la o unitate anumită.

Referent: ing. Cornel Pâslaru - RENEL , GTDEE

(Primit la 7 august 1997 , acceptat la 7 octombrie 1997)

NOTA REDACŢIEI. *Articolul scoate în evidenţă faptul că nu întotdeauna valorile reale ale impedanţelor homopolare ale transformatoarelor şi autotransformatoarelor folosite în SEN se încadrează între limitele indicate în literatura de specialitate. Din acest motiv, autorul recomandă, pe bună dreptate, ca la efectuarea calculelor scurtcircuitului cu pământul în reţelele electrice să se folosească valorile reale, măsurate, ale acestor impedanţe.*

Subliniem faptul că influenţele neconcordanţelor între valorile reale şi cele din literatura de specialitate se fac simţite în special la defectele în apropierea barelor staţiilor şi că, în general, prescripţiile româneşti privind calculul curenţilor de scurtcircuit sunt concepute astfel încât să ofere rezultate practic acceptabile, chiar cu impreciziile acestor parametri.

dr. ing. Laurenţiu Miron Goia

ASPECTE PRIVIND IMPACTUL REGIMURILOR DEFORMANTE (RD) ASUPRA FIABILITĂŢII TRANSFORMATOARELOR ELECTRICE

prof. dr. ing. IOAN FELEA *, ing. EMIL DALE **

Lucrarea motivează preocuparea şi stadiul actual al acestei probleme particulare în literatura de specialitate. Este prezentat modelul matematic privind evaluarea pierderilor de putere, totale şi suplimentare, în componentele transformatorului electric, care lucrează în regim deformant. Prezentăm, de asemenea, impactul efectelor energetice şi termice ale regimului deformant asupra câtorva indicatori de fiabilitate ai transformatorului electric : durata de viaţă, uzura, media timpului de bună funcţionare, disponibilitatea de putere şi energie. Lucrarea conţine şi o aplicaţie, care se bazează pe date culese dintr-o staţie a Filialei de Reţele Electrice Oradea.

In this study we motivate the preoccupation and the actual stage of this particular problem in the speciality literature. The mathematical model of power losses computation, total and supplementary, in electrical transformer components, which work in a distorting conditions was presented in the this study. We also show the impact of the electric and thermal effects of the distorting conditions on the following reliability of the electric transformers : lifetime, deterioratoin rate, thermal wear, mean time between failures, power and energy availability. The study also contains an application based on the data collected from Oradea's electric network.

Descriptori: fiabilitate, regimuri deformante şi nesimetrice

Consideraţii generale

Metodologia generală de analiză a impactului regimului deformant (RD) asupra echipamentelor electrice este descrisă în [4], iar modul de evaluare a efectelor energetice (pierderi de putere şi energie) în transformatoarele electrice (TE) care funcţionează în RD s-a elucidat în [5].

Regimul deformant afectează fiabilitatea TE, datorită următoarelor aspecte:

- reducerea duratei de viaţă a izolaţiilor din cauza creşterii temperaturii de lucru, mărind riscul de apariţie a unor supratensiuni şi ca urmare accelerarea proceselor de oxidare şi ionizare a dielectricului, în RD, faţă de regimul de referinţă (RR).
- reducerea disponibilităţii de putere şi energie, prin diminuarea capacităţii de încărcare a TE, în RD, faţă de RR;

Lucrarea abordează impactul efectelor energetice ale RD asupra indicatorilor de fiabilitate ai TE. Efectele energetice ale RD (pierderile suplimentare de putere) implică *efecte termice* (creşterea temperaturii). În consecinţă, pentru tratarea problemei pusă în discuţie este esenţială relaţia între temperatură şi pierderile de putere.

Pentru o sarcină utilă (S) transmisă pe fundamentală, aceeaşi în RR şi RD, la acelaşi factor de putere, relativ la fundamentală, procesul tranzitoriu de încălzire în RD este accelerat şi temperatura în regim stabilizat este mai mare.

Pentru analiza efectelor (energetice şi termice) ale RD sunt relevante consecinţele cumulative, corespunzătoare regimului staţionar; în lucrare se fac referiri la acest regim. În condiţii reale de funcţionare, pe durata de analiză (T_A), curba de sarcină a TE este variabilă, ceea ce implică şi variaţia temperaturii.

Considerând o variaţie în trepte a factorului de încărcare (β = s/sN), se poate pune în evidenţă variaţia temperaturii (θ) în cele două regimuri (fig. 1).

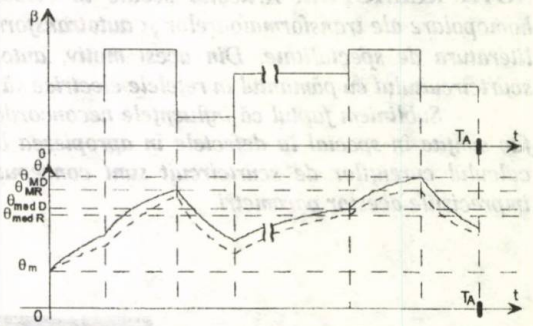


Fig. 1 . Caracteristicile sarcinii utile relative (β) şi temperaturii (θ) în RD şi RR: θ_m - temperatura minimă; θ_{medD}, θ_{medR} - temperatura medie în RD şi RR; θ_{MD}, θ_{MR} - temperatura maximă în RD şi RR.

* Universitatea Oradea
** RENEL- FTDEE Oradea

Cunoscând caracteristicile şi mărimile de funcţionare ale TE în RD (U_1, f_1, β, k_{DI}, k_{DF}, k_{DD} [5]) se determină pierderile de putere (ΔP) pe intervale semnificative din perioada de analiză (T_A), admiţând următoarea relaţie între temperatură şi pierderile de putere:

$$\theta = \alpha \cdot \Delta P \ , \qquad (1)$$

α fiind coeficientul de corelaţie "temperatură - pierderi" al TE.

Se consideră coeficientul "α" independent de sarcină şi de regimul de funcţionare şi se admite ipoteza RR nominal ($U_1 = U_N$, $f_1 = f_N$). Explorând perioada de analiză, se determină valorile temperaturii (θ) pentru fiecare set semnificativ de valori ale mărimilor de funcţionare (β, k_{DI}, k_{DF}, k_{DD}), stabilindu-se valorile semnificative ale temperaturii în cele două regimuri (θ_m, θ_{medD}, θ_{medR}, θ_{MD}, θ_{MR}) şi **probabilităţile de funcţionare la temperaturile maxime**:

$$q_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta t_{ij}}{T_A}; \quad j = \{RD, RR\}, \qquad (2)$$

Δt_{ij} este durata (i) de menţinere la temperatura maximă (θ_M), în regimul (j);

n - numărul de intervale în care se atinge θ_M, în perioada de analiză.

La un moment dat (t), caracterizat prin valorile (β, k_{DI}, k_{DF}, k_{DD}) ale mărimilor de funcţionare, abaterea temperaturii în RD, faţă de RR, se exprimă astfel [5] :

$$\Delta\theta = \alpha\delta(\Delta P) = \alpha(\beta^2 \Delta P_{WN} k_{DI}^2 + \Delta P_{FN} k_{DF} + \Delta P_{DN} k_{DD}), \qquad (3)$$

unde:

$\delta(\Delta P)$ sunt pierderi suplimentare totale de putere activă în RD faţă de RR;

ΔP_{WN} - pierderi active nominale de putere în înfăşurări;

ΔP_{FN} - pierderi active nominale de putere în circuitul magnetic;

ΔP_{DN} - pierderi active nominale de putere în dielectric.

1. Impactul RD asupra indicatorilor de siguranţă ai TE

Vizăm exprimarea unor indicatori privind siguranţa de timp a TE care funcţionează în RD. În acest sens, se porneşte de la relaţia între durata de viaţă (D) şi temperatura de funcţionare (θ, T). Dintre modelele recomandate în literatură [6] vom selecta următoarele două, în funcţie de modul în care se exprimă temperatura (°C, K):

$$D = a \cdot e^{-b\theta} \quad \text{sau} \quad D = A \cdot e^{B/T} \qquad (4)$$

a, b, A, B fiind constante caracteristice ale materialului electroizolant din structura TE.

Având în vedere relaţia între temperatură şi pierderile de putere se pot scrie în general expresiile:

$$\begin{cases} D = a \cdot e^{-b\alpha_\theta \Delta P} \\ D = A \cdot e^{B/\alpha_T \Delta P} \end{cases}, \qquad (5)$$

unde:

α_θ, α_T reprezintă coeficientul "α", cu referire la cele două moduri de exprimare a temperaturii.

Pentru temperaturi care nu ating pragul admisibil, corespunzător clasei de izolaţie a TE, prezintă interes deosebit efectul termic cumulat, cuantificat prin temperatura medie (θ_{med}), corespunzătoare valorii medii a pierderilor de putere (ΔP_{med}). Marcând mărimile corespunzătoare celor două regimuri cu indicii specifici (D-deformant, R-referinţă), se pot exprima următorii indicatori:

- *durata de viaţă:*

$$D_R = a \cdot e^{-b\alpha_\theta \Delta P_{med\,R}} \ ; \ \text{sau} \ D_R = A \cdot e^{B/\alpha_T \Delta P_{med\,R}}, \qquad (6)$$

$$D_D = a \cdot e^{-b\alpha_\theta \Delta P_{med\,D}} ; \ \text{sau} \ D_D = A \cdot e^{B/\alpha_T \Delta P_{med\,D}} ; \qquad (7)$$

- *reducerea duratei de viaţă* în RD faţă de RR:

$$\Delta D = D_R - D_D = \begin{cases} D_R \left[1 - e^{-b\alpha_\theta d(\Delta P_{med})}\right] \\ D_R \left[1 - e^{\frac{B\alpha(\Delta P_{med})}{\alpha_T \Delta P_{med\,D} \cdot \Delta P_{med\,R}}}\right] \end{cases}. \qquad (8)$$

- *reducerea relativă a duratei de viaţă* în RD , faţă de RR:

$$\delta D = \frac{\Delta D}{D_R} = \left\{ \left[1 - e^{-b\alpha_\theta \delta\left(\Delta P_{med}\right)} \right] \left[1 - e^{\frac{B\delta\left(\Delta P_{med}\right)}{\alpha_T \Delta P_{medD} \cdot \Delta P_{med\,R}}} \right] \right. . \quad (9)$$

Un alt indicator care reflectă fiabilitatea izolaţiilor, cu referire la procesele termice, este *factorul de îmbătrânire termică relativă* ρ [6], exprimat în funcţie de temperatura de lucru (θ, în K, T, în °C) la momentul (t) şi temperatura normală (θ_N, T_N) astfel:

$$\rho(t) = \left\{ e^{-b\left[\theta_N - \theta(t)\right]} \left[B\left(\frac{1}{T_N} - \frac{1}{T(t)} \right) \right] \right. . \quad (10)$$

Evident, indicatorul (ρ) se poate exprima cu referire la cele două regimuri. Se exprimă, de asemenea, *abaterea* (creşterea) indicatorului "ρ" (Δρ) şi *abaterea relativă* (δρ), în RD faţă de RR:

$$\Delta\rho(t) = \left\{ \rho_R(t)\left[e^{b\alpha_\theta \delta\left[\Delta P(t)\right]} - 1\right] \rho_R(t) \left[e^{\frac{B\delta\left[\Delta P(t)\right]}{\alpha_T \Delta P_D(t) \cdot \Delta P_R(t)}} - 1 \right] \right. . \quad (11)$$

$$\delta\rho(t) = \frac{\Delta\rho(t)}{\rho_R(t)} = \left\{ \left[e^{b\alpha_\theta \delta\left[\Delta P(t)\right]} - 1\right] \left[e^{\frac{B\delta\left[\Delta P(t)\right]}{\alpha_T \Delta P_D(t) \cdot \Delta P_R(t)}} - 1 \right] \right. . \quad (12)$$

Aprecierea gradului de utilizare a materialelor dielectrice din structura TE, pe un interval (Δt) se face în baza indicatorului "*uzură termică relativă*" (u):

$$u = \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} \rho(t)\, dt . \quad (13)$$

Cu referire la regimurile considerate (RR, RD) se pot exprima mărimile (u_R, u_D, Δu_D, δu_D). Determinând pentru fiecare vector de regim (β, k_{DI}, k_{DF}, k_{DD}) valoarea indicatorului (u) se poate calcula *media ponderată* pe durata de analiză, cu referire la cele două regimuri:

$$\left\{ u_D = \frac{\sum_{i=1}^{m} u_{Di} \Delta t_i}{T_A} ; \quad T_A = \sum_{i=1}^{m} \Delta t_i , \right. \quad (14)$$

$$u_R = \frac{\sum_{i=1}^{m} u_{Ri} \Delta t_i}{T_A}$$

m fiind numărul de valori distincte ale mărimilor (ΔP, u, Δu) pe durata de analiză

Pentru a concretiza evaluările se au în vedere recomandările din [6] cu privire la exprimarea analitică a indicatorului (u). Parcurgând succesiunea de modelare recomandată în [6], pentru procesele de încălzire se obţine:

$$u = \frac{e^{\left(\theta_S^* - \theta_N^*\right)}}{\Delta t^*} \left[f\left(\ln\Delta\theta^* - \Delta t^*\right) - f\left(\ln\Delta\theta^*\right) \right] , \quad (15)$$

unde:

$\theta^* = b\theta$ este temperatura raportată;

$t^* = t/T_t$ - timpul raportat (relativ);

θ_S - temperatura de regim staţionar;

Δθ - diferenţa între temperatura de regim staţionar şi cea iniţială;

T_t - constanta de timp relativă la modificarea temperaturii uleiului;

f(x) - funcţia ajutătoare pentru calculul uzurii [6].

Notăm:

$$F = f\left(\ln\Delta\theta^* - \Delta t^*\right) - f\left(\ln\Delta\theta^*\right). \quad (16)$$

Exprimăm:

$$\left\{ \Delta u_D = u_D - u_R = u_R \left(\frac{F_D}{F_R} e^{\Delta\theta_S^*} - 1 \right) \right. \quad (17)$$

$$\delta u_D = \Delta u_D / u_R = \frac{F_D}{F_R} e^{\Delta\theta_S^*} - 1$$

Cu referire la indicatorii fundamentali (λ, μ), se pot afirma următoarele:

λ - se modifică, datorită modificării indicatorului MTBF;

μ - nu se modifică.

Având în vedere efectul termic al RD şi RA, în condiţii naturale (fără limitarea sarcinii), sunt afectate, în special, următoarele componente: izolaţia înfăşurărilor, carcasa înfăşurărilor şi izolaţia între înfăşurări.

Admitem, pentru timpul de bună funcţionare până la prima defectare (T_f),

exprimarea evocată, anterior, pentru durata de viaţă (în funcţie de ΔP şi $\Delta\theta$). Pentru TE care funcţionează în RD se poate reprezenta diagrama echivalentă de fiabilitate (DEF) din figura 2.

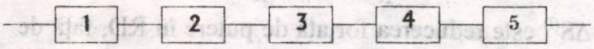


Fig. 2 . Diagrama echivalentă de fiabilitate a TE în RD: 1÷4 - elemente afectate de RD ; 1 - înfăşurările primare; 2 - înfăşurările secundare; 3 - carcasa înfăşurărilor; 4 - izolaţia între înfăşurări; 5 - totalitatea elementelor neafectate de RD.

Pentru elementele **1 ÷ 4**, cunoscând indicatorul (λ) în RR (λ_R), se pune problema determinării indicatorului (λ_D) în RD. Pentru fiecare element de tipul **1 ÷ 4**, se pot reprezenta historiogramele din figura 3.

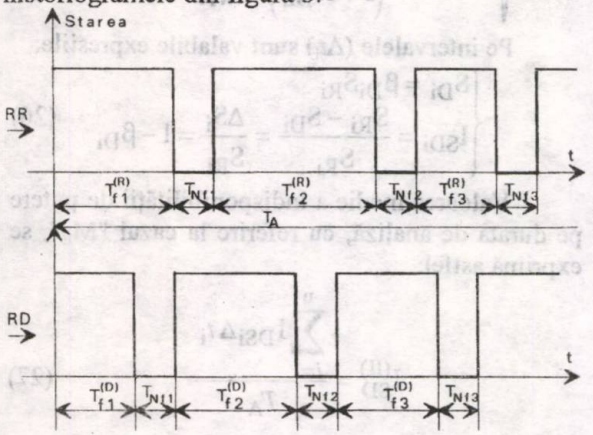


Fig. 3 . Historiogramele principiale pentru elemente ale TE afectate de RD.
(f - funcţionare; Nf - nefuncţionare).

Indicatorii (MTBF, λ) se exprimă statistic pe durata de analiză (T_A), astfel:

$$\begin{cases} MTBF_D = \dfrac{\sum_{k=1}^{d} T_{Fk}^{(D)}}{d} = \dfrac{1}{\lambda_D} \\ MTBF_R = \dfrac{\sum_{k=1}^{r} T_{Fk}^{(R)}}{r} = \dfrac{1}{\lambda_R} \end{cases} \qquad d \geq r \qquad (18)$$

Operând cu temperatura, în °C, sunt posibile următoarele exprimări ale indicatorilor în RD , faţă de RR, pentru fiecare element afectat de RD ($\overline{j = 1,4}$).

$$\begin{cases} T_{Fkj}^{(D)} = T_{Fkj}^{(R)} \cdot e^{-b_j \alpha_\theta \delta(\Delta P_{medj})} \\ MTBF_{Dj} = MTBF_{Rj} \cdot e^{-b_j \alpha_\theta \delta(\Delta P_{medj})} \\ \lambda_{Dj} = \lambda_{Rj} \cdot e^{-b_j \alpha_\theta \delta(\Delta P_{medj})} \\ \Delta MTBF_j = MTBF_{Rj}\left[1 - e^{-b_j \alpha_\theta \delta(\Delta P_{medj})}\right] \\ \delta MTBF_j = 1 - e^{-b_j \alpha_\theta \delta(\Delta P_{medj})} \end{cases} \qquad (19)$$

Având în vedere DEF a TE în RD (fig. 2) se exprimă indicatorii echivalenţi:

$$\begin{cases} \lambda_{eD} = \sum_{j=1}^{4} \lambda_{Dj} + \lambda_5 = \lambda_5 + \sum_{j=1}^{4} \lambda_{Rj} \cdot e^{-b_j \alpha_\theta \delta(\Delta P_{medj})} \\ \lambda_{eR} = \sum_{j=1}^{4} \lambda_{Rj} + \lambda_5 ; \mu_e = \mu_{eD} = \mu_{eR} = \dfrac{\lambda_{eR}}{\sum_{j=1}^{5} \dfrac{\lambda_{Rj}}{\mu_j}} \\ q_D = \dfrac{\mu_e}{\mu_{eD} + \mu_e} \quad \text{probabilitatea de bună funcţionare în RD} \\ q_R = \dfrac{\mu_e}{\mu_{eR} + \mu_e} \quad \text{probabilitatea de bună funcţionare în RR} \\ \Delta q_D = q_R - q_D = \dfrac{\mu_e(\lambda_{eD} - \lambda_{eR})}{(\lambda_{eR} + \mu_e)\cdot(\lambda_{eD} - \mu_e)} \text{ . nonsiguranţa TE în RD, faţă de RR.} \end{cases} \qquad (20)$$

2. Impactul regimului deformant asupra indicatorilor de disponibilitate ai transformatoarelor electrice

Disponibilitatea de putere şi, implicit, de energie a TE care funcţionează în RD este afectată atunci când există riscul depăşirii temperaturii admisibile, datorită depăşirii pierderilor nominale de putere.

Prin amplificarea pierderilor de putere în RD, faţă de RR, este foarte probabil ca, pentru paliere de sarcină situate în jurul valorii nominale, temperatura în punctul cel mai cald al înfăşurărilor (θ_{si}) să depăşească valoarea admisibilă (θ_{adm}), pe un anumit interval de timp (Δt_i) (fig. 4).

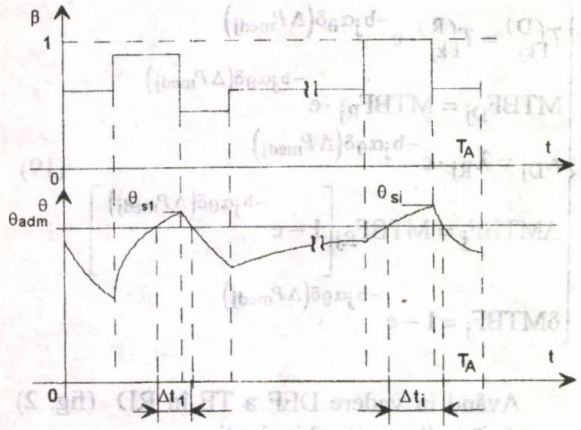


Fig. 4 . Caracteristica de sarcină şi de temperatură a unei TE în RD.

În eventualitatea constatării modului de funcţionare sugerat în figura 4 se impune reducerea sarcinii, cu scopul de a evita defectarea TE. Ajustarea (reducerea) sarcinii pe TE se poate face în două moduri:

M_I - reducerea sarcinii pe toată durata de analiză (T_A), astfel încât $\theta_{SM} = \theta_{adm}$;

M_{II} - reducerea sarcinii doar pe intervalele (Δt_i), pentru care există riscul ca temperatura admisibilă să fie depăşită.

Modalitatea "M_{II}" implică existenţa unui sistem informatic de control (temperatură - sarcină) şi reglare a sarcinii, aplicat pe TE.

• **În cazul aplicării modalităţii "M_I"**, admitem ipoteza că TE este astfel dimensionat încât în RR nominal, punctul cel mai cald al înfăşurărilor, să atingă temperatura admisibilă. Factorul de încărcare în RD se determină din condiţia de echivalenţă a pierderilor de putere pe TE:

$$\left(\Delta P_N\right)_{RR} = \left(\Delta P_\beta\right)_{RD(M)} \quad (21)$$

Se obţine [5] următoarea expresie de calcul pentru "sarcina relativă disponibilă":

$$\beta_D^{(I)} = \sqrt{\frac{\Delta P_{WN} - \left(K_{DFM}\Delta P_{FN} + K_{DDM}\Delta P_{DN}\right)}{\left(1 + K_{DIM}^2\right)\Delta P_{WN}}} \quad (22)$$

K_{DFM}, K_{DDM}, K^2_{DIM} fiind valorile indicatorilor K_{DF}, K_{DD}, K^2_{DI} din setul de valori ale indicatorilor RD [5], pentru care pierderile suplimentare pe durata de analiză sunt maxime.

În cazul aplicării modalităţii "M_I", puterea disponibilă la un moment dat (t), în RD (S_D) comparativ cu RR (S_R), se exprimă astfel:

$$S_D^{(I)} = \beta_D^{(I)} S_R \quad . \quad (23)$$

Indisponibilitatea de putere (aparentă) în RD, faţă de RR, este dată de expresia:

$$I_{SD}^{(I)} = \frac{S_R - S_D^{(I)}}{S_R} = \frac{\Delta S^{(I)}}{S_R} = 1 - \beta_D^{(I)} \quad (24)$$

$\Delta S^{(I)}$ este reducerea forţată de putere în RD, faţă de RR, pentru evitarea depăşirii temperaturii admisibile de funcţionare a TE.

• **În cazul aplicării modalităţii "M_{II}"**, menţinem ipoteza admisă anterior cu privire la dimensionarea TE. Pentru fiecare interval (Δt_i) în care există riscul depăşirii temperaturii admisibile se determină "sarcina relativă disponibilă":

$$\beta_{Di} = \sqrt{\frac{\Delta P_{WN} - \left(K_{DFi}\Delta P_{FN} + K_{DDi}\Delta P_{DN}\right)}{\left(1 + K_{DIi}^2\right)\Delta P_{WN}}} \quad (25)$$

Pe intervalele (Δt_i) sunt valabile expresiile:

$$\begin{cases} S_{Di} = \beta_{Di} S_{Ri} \\ I_{SDi} = \dfrac{S_{Ri} - S_{Di}}{S_{Ri}} = \dfrac{\Delta S_i}{S_{Ri}} = 1 - \beta_{Di} \end{cases} \quad (26)$$

Valoarea medie a indisponibilităţii de putere pe durata de analiză, cu referire la cazul "M_{II}", se exprimă astfel:

$$I_{SD}^{(II)} = \frac{\sum_{i=1}^{u} I_{DSi}\Delta t_i}{T_A} \quad (27)$$

sau:

$$I_{SD}^{(II)} = \frac{\sum_{i=1}^{u}(1-\beta_{Di})\Delta t_i}{T_A} = \frac{T_I}{T_A} - \frac{\sum_{i=1}^{u}\beta_{Di}\Delta t_i}{T_A} \quad , \quad (28)$$

unde:

u este numărul intervalelor de timp în care se depăşeşte θ_{adm}, în T_A;

$T_I = \sum_{i=1}^{u} \Delta t_i$ - durata totală de indisponibilitate a puterii;

$p_{ID} = T_I/T_A$ - probabilitatea de indisponibilitate a puterii în intervalul de analiză (T_A).

3. Aplicaţie

Pentru calculul indicatorilor fiabilistici ai TE, solicitat suplimentar în regim deformant (RD), se va porni tot de la situaţia prezentată în [5], adică o staţie de racord adânc echipată cu două transformatoare de 25 MVA (110/6 kV) , din care doar unul este în sarcină iar celălalt în rezervă caldă .

Etape:

a) s-au măsurat puterile absorbite pe cinci paliere şi în corelare supratemperaturile. Rezultatele se prezintă, în tabelul 1.

✧ uzura termică suplimentară datorată RD este: u_{RD}= 0,229.

✧ accelerarea uzurii datorată solicitărilor RD: δu_{RD}= 78,4 %

Tabelul 1

Elemente semnificative de calcul

	Palier I	Palier II	Palier III	Palier IV	Palier V
$P_{absorbite}$ (kW)	6000	7600	7800	7600	7000
Supratemperaturi măsurate (°C)	24	24	23	23	23
Pierderi suplimentare (kW)	144,64	148,96	149,57	148,96	147,22
Incărcări echivalente β_i	0,261	0,330	0,339	0,330	0,304
Coeficienţii corelaţie temperatură-pierderi α_i (°C/kW)	0,166	0,161	0,154	0,154	0,156

Pe baza acestor date şi stabilindu-se un coeficient de corelaţie temperatură-pierderi mediu, α_{med}=0,158 °C/kW, în baza relaţiilor (7), (8) şi (9) se pot determina duratele de viaţă în RD, considerându-se o durată de viaţă în regimul de referinţă (RR) de 17,520 ore (2 ani, intervalul normat între două revizii tehnice).

De asemenea , pe baza relaţiilor menţionate s-au determinat:

✧ reducerea duratei de viaţă în RD: ΔD_D= 2235 ore;

✧ reducerea relativă a duratei de viaţă în RD: δD_D= 12,8 % .

b) Pentru determinarea factorilor de îmbătrânire termică relativă şi a uzurii termice relative s-a considerat acelaşi transformator electric, încărcat într-un regim puternic variabil, după cum rezultă din figura 5.

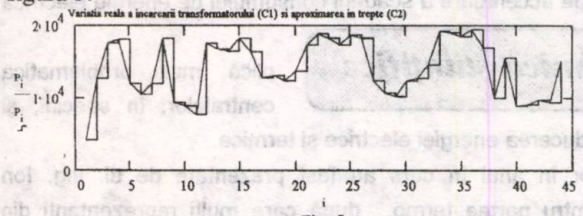


Fig. 5.

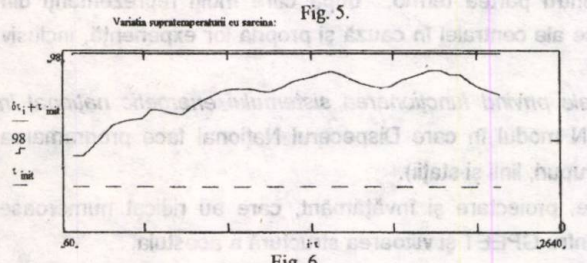


Fig. 6.

În figura 6 s-au reprezentat supratemperaturile corespunzătoare, în strictă corelaţie cu treptele de putere. Modelarea acestora s-a făcut pe cale teoretică, cunoscându-se constanta termică a transformatorului şi răspunsul acestuia la impulsuri tip "treaptă de putere".

S-au calculat cu rel. (13 şi 17) uzurile (izolaţiilor TE) faţă de regimul de referinţă (RR) u_{RR}= 0,128:

Ceilalţi indicatori de fiabilitate nu s-au evaluat numeric, neexistând date certe privind valorile numerice ale acestora în regim de referinţă (RR).

Concluzii

Regimul deformant afectează fiabilitatea transformatoarelor electrice. Pornind de la relaţia între temperatură şi puterea disipată pe transformator, se pot exprima analitic indicatorii de siguranţă şi disponibilitate ai transformatorului, în funcţie de indicatorii care caracterizează regimul deformant .

În lucrare s-au pus în evidenţă expresiile de calcul ale indicatorilor: durata de viaţă, factorul de îmbătrânire termică relativă, uzura termică relativă, MTBF, λ, probabilitatea de bună funcţionare şi indisponibilitatea de putere. Evaluarea efectivă a indicatorilor menţionaţi, necesită cunoaşterea coeficientului de corelaţie temperatură-pierderi (α), a constantelor caracteristice materialului electroizolant (a, b, A, B) şi a indicatorilor regimului de funcţionare (β, K_{DI}, K_{DF}, K_{DD}) pentru transformatorul analizat. Din aplicaţia înserată, se constată că RD afectează, în mod determinant, indicatorii de fiabilitate ai TE.

BIBLIOGRAFIE

[1] Arie, A. A. ş.a *Poluarea cu armonici a SEE funcţionând în regim permanent simetric.* Editura Academiei, 1994.

[2] Dale, E. *Analiza regimurilor deformante şi nesimetrice în unele instalaţii ale FRE..* Analele Universităţii Oradea, 1995.

[3] Felea, I. *Evaluarea pierderilor de putere şi energie în condiţiile funcţionării transformatoarelor la abateri ale frecvenţei şi tensiunii efective de alimentare faţă de valorile nominale.* In: Energetica, nr. 3-4/1990.

[4] Felea, I. , Dale, E. *Metodologie de evaluare a impactului regimului deformant şi nesimetric asupra fiabilităţii transformatoarelor electrice.* Analale Universităţii Oradea, 1996.

[5] Felea, I. , Dale, E. *Evaluarea pierderilor de putere şi energie în transformatoarele electrice care funcţionează în regim deformant.* In: Producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice şi termice, nr.11-12/ 1996 .

[6] Heinrich, I.ş.a. *Staţii şi posturi electrice de transformare.* Editura Tehnică 1988.

Referent : dr. ing. Ion Lungu - RENEL - GTD

(Primit la 7 august 1997, acceptat la 29 septembrie 1997)

NOTA REDACŢIEI. Deşi în titlul lucrării autorii arată că analizează efectele regimurilor deformante asupra transformatoarelor electrice, în realitate fac consideraţii privind efectul suprasarcinilor asupra acestor echipamente, neexistând elemente obiective care să arate că supratemperaturile se datoresc regimurilor deformante sau doar supraîncărcărilor la sarcini liniare.

Consfătuire de lucru GPEET "Funcţionarea economică a termo- şi hidrocentralelor"

În perioada 10 - 12 septembrie 1997 a avut loc, la Neptun, o consfătuire de lucru organizată de Grupul de Producere al Energiei Electrice şi Termice şi GSCI, cu sprijinul FE Constanţa, având ca obiect funcţionarea economică a centralelor. La consfătuire, care a fost condusă de dl. director Tiberiu Câmpeanu din GPEET, au participat specialişti cu preocupări în domeniul funcţionării economice din termo şi hidrocentrale, ingineri şi cercetători din RENEL, GPEET, unităţi de cercetare - dezvoltare şi învăţământ.

S-au prezentat o serie de materiale foarte importante, care au reflectat situaţia economică actuală a centralelor din România şi au propus măsuri ce trebuie luate în condiţiile de accentuare a scăderii consumului de energie electrică în sistemul energetic naţional.

Manifestări tehnico-ştiinţifice

Această realitate complică mult problematica funcţionării economice a termocentralelor, în special, şi duce la creşterea consumurilor specifice de combustibil în producerea energiei electrice şi termice.

Referatele de sinteză privind funcţionarea centralelor în anul în curs au fost prezentate de dl. ing. Ion Şoiculescu, pentru partea hidro, şi ing. Paul Dinulescu, pentru partea termo, după care mulţi reprezentanţi din hidrocentrale şi termocentrale au discutat problemele specifice ale centralei în cauză şi propria lor experienţă, inclusiv problemele cu care se confruntă în momentul actual.

Dl. Petre Iftime a prezentat referatul *Aspecte globale privind funcţionarea sistemului energetic naţional în perioada 1995 - 1996,* iar dl. director Ion Oprea de la DEN modul în care Dispecerul Naţional face programarea funcţionării agregatelor şi instalaţiilor energetice din sistem (grupuri, linii şi staţii).

La discuţii au participat mulţi specialişti din cercetare, proiectare şi învăţământ, care au ridicat numeroase probleme şi au prezentat puncte de vedere extrem de utile pentru GPEET şi viitoarea structură a acestuia.

Revista "Energetica" salută astfel de reuniuni de mare importanţă practică şi-şi declară disponibilitatea ca problemele practice ale funcţionării economice a centralelor, prezentate la un nivel tehnico-ştiinţific superior, să-şi găsească o reflectare promptă şi fidelă în paginile sale.

CERCETĂRI PRIVIND REALIZAREA UNUI SISTEM NUMERIC DE MĂSURARE PENTRU DETERMINAREA PARAMETRILOR DE CALITATE A ENERGIEI ELECTRICE

prof. dr.ing. MIHAI CREŢU*, ing. ŞTEFAN FRĂŢILĂ *, as. ing. LUCIAN NIŢĂ **,
ş.l. ing. CONSTANTIN SĂRMĂŞANU **, s. l. ing. CRISTIAN FOŞALĂU*

Lucrarea prezintă cercetări privind elaborarea unui sistem digital pentru procesarea valorilor instantanee ale tensiunilor şi curenţilor din reţelele electrice trifazate, capabil să măsoare în timp real puterile activă, reactivă şi aparenţa şi să furnizeze informaţii multiple privind parametrii de calitate a energiei electrice (coeficient de distorsiune, componentele analizei Fourier, coeficient de nesimetrie, factor de putere etc.).

Sistemul utilizează o placă pentru achiziţii de date de uz general, cuplată la un calculator compatibil IBM PC, şi o nouă metodă de eşantionare întreţesută, ce elimină necesitatea utilizării a două eşantionoare sincrone pentru achiziţia simultană a punctelor de tensiune şi curent.

Metoda permite, de asemenea, măsurarea defazajului între cele două mărimi achiziţionate, fără a necesita un hard suplimentar pentru generarea impulsurilor de START CONVERSIE la trecerea tensiunii prin zero.

The paper presents researches concerning the elaboration of a digital system for processing instantaneous values of voltages and currents picked up from three phase electrical power systems, being capable to measure in real time the active, reactive and apparent powers and to provide information regarding the quality parameters of electrical energy (distortion coefficient, Fourier components, asymmetry coefficient, power factor, etc.).

The system employs a general purpose digital acquisition card plugged in an IBM-PC compatible personal computer and a new method of sampling which eliminates the necessity of using of two synchronous samplers for simultaneous acquisition of both the voltage and current. The method also enables the measurement of the phase shift between the two acquired quantities without the employment of any other supplementary hardware for the generation of START CONVERSION pulses at the voltage passing through zero.

Descriptori: energie electrice, metode de măsurare, calitate, sisteme

Introducere

Măsurarea parametrilor de calitate a energiei electrice este o cerinţă importantă a sistemului naţional, deoarece o energie electrică cu calitate necorespunzătoare influenţează în mod negativ productivitatea proceselor economice. Apariţia armonicilor superioare determină un transport parazit suplimentar de energie electrică reactivă, micşorând randamentul pe liniile de transport, şi conduce la apariţia unor cupluri parazite în funcţionarea motoarelor electrice, iar în condiţii de rezonanţă pot distruge aparatele de măsurare, dispozitivele de automatizare, calculatoare de proces etc.

În lucrare se propune o metodă de măsurare numerică a parametrilor de calitate a energiei electrice, precum şi rezultatele obţinute cu sistemul de măsurare în diverse puncte de alimentare cu energie electrică din cadrul judeţului Bacău. Sistemul de măsurare este implementat pe un calculator compatibil IBM PC, dotat cu o placă de achiziţii de date de uz general. Programul software de achiziţie şi calcul permite determinarea următorilor parametri de calitate a energiei electrice: factorul de formă, factorul de vârf, coeficientul de distorsiune, nivelul armonicelor, valoarea efectivă a spectrului, raportul armonicelor faţă de fundamentală, valorile componentelor sistemului direct, invers şi omopolar.

1. Metoda de măsurare

Puterile activă şi reactivă consumate de un circuit sunt date de relaţiile (1), respectiv (2) :

* Universitatea Tehnică "Gh.Asachi" Iaşi, Facultatea de Electrotehnică
** FRE Bacău

$$P_a = \frac{1}{T}\int_0^T u(t)\cdot i(t)\,dt = U_{ef}\cdot I_{ef}\cdot\cos\varphi; \quad (1)$$

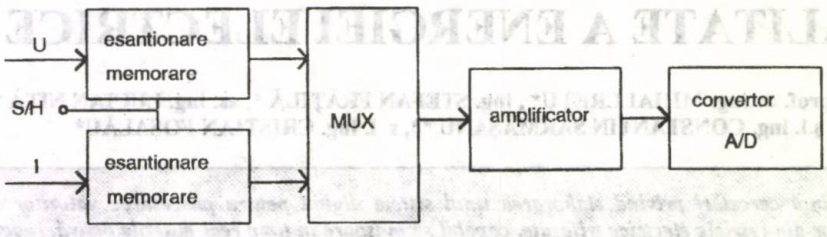


Fig.1 .

$$P_r = \int_0^T u(t)\cdot i(t-T/4)\,dt = U_{ef}\cdot I_{ef}\cdot\sin\varphi, (2)$$

unde:

$u(t),i(t)$ reprezintă valorile instantanee ale tensiunii şi curentului prin circuit;

T - perioada semnalelor;

φ - defazajul între tensiune şi curent;

U_{ef} I_{ef} - valorile efective ale celor două mărimi.

O primă metodă de măsurare a puterii constă în măsurarea valorii efective a curentului şi tensiunii, determinarea defazajului între cele două curbe de semnal şi realizarea produsului. Problema care apare la această metodă este dată de măsurarea, defazajului între tensiune şi curent, măsurare ce nu poate fi realizată cu placa de achiziţii. Utilizarea frecvenţei de eşantionare care, în general, ajunge la zeci de kHz, duce la erori prea mari de măsurare, datorită rezoluţiei mici, de aceea trebuie construit un hard suplimentar, care să furnizeze un semnal proporţional cu defazajul dintre semnale. Pentru forme de undă puternic deformate ale curentului acest hard se complică suficient de mult. În plus, deoarece cele trei mărimi implicate în relaţia (1) sunt măsurate pe rând, metoda este corectă numai în cazul când mărimile sunt constante în decursul unei măsurări, această condiţie nefiind totdeauna adevărată.

O altă variantă de măsurare a puterii se poate realiza prin înmulţirea valorilor instantanee ale curentului şi tensiunii în decursul unei perioade (sau unui număr întreg de perioade) şi calcularea valorii medii a acestui produs. Înmulţirea este corectă numai dacă cele două semnale sunt eşantionate simultan, condiţie ce implică două circuite de eşantionare/memorare (fig.1). Cele două mărimi sunt eşantionate pe acelaşi front al semnalului de comandă S/H, memorate pe o durată de 0,2 ms, timp în care sunt măsurate pe rând prin multiplexare. Placa de achiziţie nu are decât un singur eşantionor, deci pentru măsurarea puterii ar trebui construite cele două eşantionoare comandate sincron.

Realizarea un circuit de eşantionare-memorare la o precizie de 12 biţi este dificilă, de aceea se propune o metodă de eşantionare întreţesută a celor două canale şi calcularea prin soft a punctelor necesare unei eşantionări simultane (fig.2).

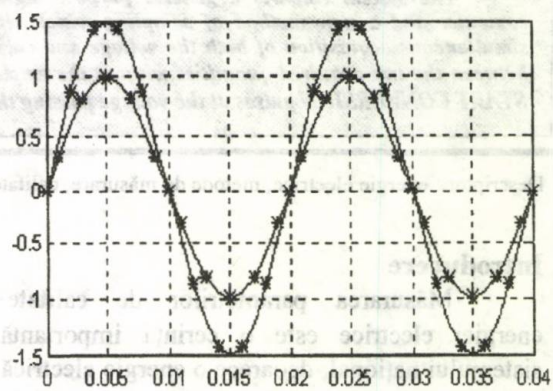


Fig. 2.

Se programează placa să eşantioneze intercalat cele două canale, astfel încât un eşantion de pe un canal să fie cuprins între două eşantioane de pe canalul opus. Cunoscând eşantioanele de pe curba de curent la momentele $(n-1)\cdot T_e$ şi $(n+1)\cdot T_e$, se poate determina eşantionul corespunzător momentului $n\cdot T_e$:

$$i(nT_e) = \frac{i((n-1)T_e) + i((n+1)T_e)}{2}. \quad (3)$$

Cu noile puncte determinate se calculează vectorul puterii instantanee şi puterea activă conform relaţiilor (4) :

$$p(n T_e) = u(n T_e) \cdot i(n T_e), \quad n = 2,4,6, \ldots N$$

$$P_a = \frac{1}{N_1} \cdot \sum_{i=1}^{N_1} p(i \cdot T_{e1}), \quad T_{e1} = 2 \cdot T_e, \quad N_1 < \frac{N}{2} \quad (4)$$

unde:

N_1 reprezintă un număr de puncte care să cuprindă un număr întreg de perioade ale semnalului $p(nT_e)$.

Acest număr se calculează prin soft, prin înregistrarea eşantioanelor cuprinse între două treceri succesive ale semnalului prin zero. Este posibil ca semnalul să fie puternic distorsionat, astfel încât să aibă mai multe treceri prin zero în decurs de o perioadă, de aceea, pentru a calcula corect perioada, se filtrează mai întâi semnalul, obţinând numai fundamentala din spectrul de frecvenţă. Acest nou semnal este utilizat în calculul perioadei. Numărul N1 nu cuprinde un întreg de perioade ale semnalului măsurat datorită nesincronizării perioadei de eşantionare T_e cu perioada semnalului T. Ideal ar fi ca T_e să fie un submultiplu întreg al mărimii T. Această condiţie se poate realiza prin utilizarea unei bucle PLL, ce lucrează ca multiplicator de frecvenţă, care să furnizeze impulsurile de eşantionare sincrone cu frecvenţa de măsurat. Totuşi, eroarea de ±1 eşantion datorată nesincronizării frecvenţelor poate fi redusă suficient de mult prin mărirea numărului N_1, deci a timpului de măsurare.

Determinarea puterii reactive se face similar ca la puterea activă, cu diferenţa că tensiunea este decalată cu $\pi/2$ faţă de curent :

$$p_r(n T_e) = u((n+nr) T_e) \cdot i(n T_e), \quad n = 2,4,6, \ldots N$$

$$P_r = \frac{1}{N_1} \cdot \sum_{i=1}^{N_1} p_r(i \cdot T_{e1}), \quad T_{e1} = 2 \cdot T_e, \quad N_1 < \frac{N}{2}, \quad (5)$$

unde:

nr reprezintă valoarea întreagă a raportului $T/(4 \cdot T_e)$.

Determinarea spectrului de armonici se realizează prin utilizarea transformatei Fourier pentru curbele de tensiune şi curent achiziţionate. Prin această procesare se obţine amplitudinea şi faza pentru fiecare armonică în parte.

3. Arhitectura sistemului de măsurare

Schema bloc a instalaţiei de măsurare este dată în figura 3. Se montează pe fiecare fază un transformator de curent cu ieşire 0-5 A şi un transformator de tensiune calibrat cu tensiunea din secundar de 2 V valoare efectivă. La bornele transformatoarelor de curent sunt conectate şunturi calibrate din manganină de 0,2 Ω, astfel încât la ieşire se obţin tensiuni alternative până la un volt valoare efectivă, proporţionale şi în fază cu intensitatea curenţilor din secundarele transformatoarelor. Cum ambele tipuri dc transformatoare, de curent şi de tensiune introduc un defazaj de 180 grade între primar şi secundar, informaţia de fază dintre tensiunile şi curenţii din primar sunt păstrate. Pentru a proteja multiplexorul de eventualele supratensiuni ce pot apărea pe instalaţia de forţă şi care se pot propaga în partea de măsurare sunt înseriate pe fiecare canal circuite de protecţie formate din rezistenţa R şi diodele D1, D2.

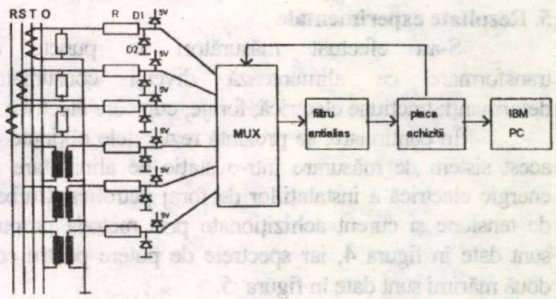


Fig. 3.

Între multiplexor şi placa de achiziţie este intercalat un filtru antialias pentru filtrarea zgomotului de înaltă frecvenţă ce se suprapune peste semnalul de măsură şi care s-ar putea translata în spectrul util în procesul de eşantionare numerică.

Placa de achiziţii introdusă pe magistrala calculatorului compatibil IBM PC conţine pe lanţul de măsurare un amplificator programabil, circuit de eşantionare/memorare şi convertor analog/digital. Frecvenţa de eşantionare de 50 kHz este furnizată de un numărător 8253, ce primeşte la intrare un semnal de 2 MHz de la un oscilator cu cuarţ, ambele circuite fiind pe placă.

4. Programul de achiziţii şi prelucrare a datelor

Programul de achiziţii asigură eşantionarea întreţesută la o frecvenţă de 50 kHz a câte 6000 puncte pe fiecare canal. Se calculează puterile activă şi reactivă pentru fiecare canal, conform relaţiilor (4) şi (5). Semnalele măsurate sunt salvate pe disc sub formă numerică, apoi introduse în mediul de programare MATLAB pentru prelucrare. În acest mediu sunt disponibile subrutine performante de filtrare şi transformare Fourier a datelor.

Corectitudinea rezultatelor obţinute prin transformare Fourier este puternic influenţată de gradul de sincronizare a timpului de măsurare în raport cu perioada semnalelor achiziţionate. O eroare de 0,5 % a timpului de măsură în plus sau în minus faţă de un număr întreg de perioade ale semnalului se traduce în erori de 20 % în estimarea amplitudinilor şi fazelor componentelor din semnal. De aceea s-a ales o frecvenţă de eşantionare mare şi sunt eliminate prin soft toate punctele care depăşesc exact cinci perioade ale semnalului măsurat. Pentru acest nou vector de puncte se aplică transformata Fourier ce furnizează informaţii de amplitudine şi fază pentru fiecare componentă a semnalului.

Cu aceste date se pot calcula toţi parametrii necesari în evaluarea calităţii energiei electrice.

5. Rezultate experimentale

S-au efectuat măsurători în puncte de transformare ce alimentează diverşi consumatori deformanţi: tracţiune electrică, foraje, cuptoare electrice.

În continuare, se prezintă rezultatele obţinute cu acest sistem de măsurare într-o staţie de alimentare cu energie electrică a instalaţiilor de foraj petrolier. Curbele de tensiune şi curent achiziţionate prin metoda propusă sunt date în figura 4, iar spectrele de putere pentru cele două mărimi sunt date în figura 5.

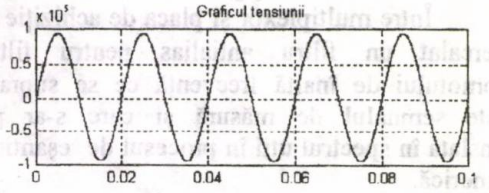


Fig. 4.

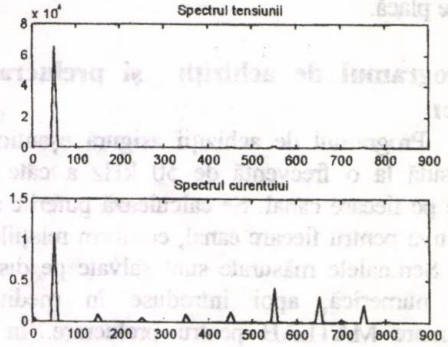


Fig. 5.

Programul de analiză a datelor listează primele 10 armonici în ordinea descrescătoare a valorilor de amplitudine şi câţiva parametri specifici. Un exemplu al acestui listing este dat în continuare.

Mărimi rezultate din analiza armonică a tensiunii

rang armonică	frecvenţă	valoare	pondere	defazaj
1	50,0 Hz	66251,86	100,0 %	0 grd.
11	550,0 Hz	1472,78	2,2 %	-47 grd.
13	650,0 Hz	817,15	1,2 %	101 grd.
15	750,0 Hz	412,99	0,6 %	255 grd.
9	450,0 Hz	615,24	0,9 %	119 grd.
7	350,0 Hz	491,77	0,7 %	250 grd.
3	150,0 Hz	784,34	1,2 %	89 grd.
5	250,0 Hz	225,07	0,3 %	16 grd.
14	700,0 Hz	28,88	0,0 %	117 grd.
16	800,0 Hz	34,17	0,1 %	112 grd.

coeficient de distorsiune Kd = 3,13 % ; factor de forma Kf = 1,11; factor de vârf Kv = 1,47.

Mărimi rezultate din analiza armonică a curentului

rang armonică	frecvenţă	valoare	pondere	defazaj
1	50,0 Hz	1,09	100,0 %	40 grd.
11	550,0 Hz	0,42	38,7 %	59 grd.
13	650,0 Hz	0,32	29,0 %	209 grd.
15	750,0 Hz	0,21	19,6 %	3 grd.
9	450,0 Hz	0,12	11,3 %	218 grd.
7	350,0 Hz	0,08	7,7 %	-22 grd.
3	150,0 Hz	0,08	7,4 %	184 grd.
5	250,0 Hz	0,05	4,7 %	84 grd.
14	700,0 Hz	0,02	1,7 %	260 grd.
16	800,0 Hz	0,01	1,3 %	202 grd.

coeficient de distorsiune Kd = 47,9 % ; factor de forma Kf = 1,5; factor de vârf Kv = 2,25; factor de putere mediu FPM = 0,661.

Concluzii

S-a realizat un sistem de măsurare multifuncţional performant, care, faţă de sistemele cunoscute, permite şi măsurarea defazajelor între armonicile de tensiune şi curent utile în determinarea sensului de circulaţie a puterilor deformante. Aceasta ar putea constitui un suport pentru o eventuală diferenţiere a consumatorilor după caracterul lor de producător sau consumator de regim deformant.

Nesincronizarea între frecvenţa semnalului de măsurat şi frecvenţa de eşantionare a fost rezolvată prin soft , prin selectarea unui set de eşantioane ce cuprinde un număr întreg de perioade ale semnalului de intrare. Aceasta duce la o creştere semnificativă a preciziei obţinute prin transformare Fourier.

Sistemul a fost testat în condiţii de laborator, utilizând semnale standard furnizate de

un generator de semnale şi un fazmetru numeric de precizie.

Referitor la măsurările efectuate în cadrul FRE Bacău se pot evidenţia următoarele aspecte :

- deşi coeficienţii de distorsiune în curent au valori relativ mari (peste 40%), deformarea curbelor de tensiune nu depăşeşte limita admisă de standardele în vigoare;

- cele mai importante armonici sunt cele impare, de rang 5,3,7,11,13, evidenţiind existenţa unor consumatori ce au puteri mari de scurtcircuit;

- armonicile pare reprezintă un procent de maximum 20% din cele impare.

BIBLIOGRAFIE

[1] Ţugulea, A., Ionescu, T. Marinescu, A. *Evaluarea pierderilor suplimentare de putere şi energie electrică introduse de consumatorii industriali, care prezintă un regim de funcţionare nesimetric şi deformant, în reţelele electrice de transport ale FRE Suceava.* In vol. "Simpozionul Naţional al Reţelelor Electrice", Suceava, septembrie 1994.

[2] **** LAB-PC + User Manual*, catalog Naţional Instruments 1994

[3] Niţă, L., Sărmăşanu, C. *L'utilisation de la Transformation de Fourier Discrete dans l'analyse des signaux* . In: vol. Sesiunea Ştiinţifică Jubiliară a U.T.I, 2-4 nov.1995.

Referent: prof. dr. ing. Nicolae Golovanov - Facultatea de Energetică - UPB

(Primit la10 septembrie 1997, acceptat la 29 septembrie 1997)

S.C. ELECTROUTIL GENERAL S.A.

PETROŞANI
Str. Mihai Viteazul Nr. 3
Tel./Fax. 054 - 232229 * 542834
Tel. 541460 * 541461 int. 416
E-Mail: elegen@starnets ro.

PRINCIPALELE ACTIVITĂŢI:

- Proiectare, montaj, verificări şi reglaje, instalaţii de protecţie şi automatizare.
- Execuţia de lucrări în reţele electrice aeriene de joasă tensiune.
- Proiectare şi execuţie de linii electrice de medie tensiune.
- Proiectare şi execuţie de linii electrice de joasă tensiune.
- Proiectare şi execuţie reţele de iluminat public aeriene şi subterane.
- Proiectare şi execuţie coloane electrice pentru ansambluri de blocuri de locuinţe.
- Execuţie lucrări de circuite secundare în reţele de distribuţie.
- Proiectare şi execuţie instalaţii de legare la pământ.
- Proiectare şi execuţie instalaţii electrice interioare şi branşamente.

S.C. ELECTROUTIL GENERAL S.A. execută, pe bază de contract, lucrări pentru diverşi beneficiari, în principal Regia Autonomă a Huilei Petroşani şi RENEL - F.R.E. - Deva, în domeniul de activitate prezentat.

ANALIZA SISTEMELOR TRIFAZATE ÎN REGIM PERIODIC NESINUSOIDAL. GENERALIZAREA ŞI COMPLETAREA TEORIEI BUDEANU

prof.dr.ing. EUGENIU POTOLEA*, ing. MIHAI SĂNDULEAC**, as. ing. RADU POPA*

Se studiază reţeaua trifazată în regim deformant. Se utilizează metoda componentelor simetrice pentru reţeaua trifazată şi metoda Budeanu pentru regimul deformant din reţeaua de succesiune directă. Odată cu generalizarea teoriei lui Budeanu se propun noi indicatori pentru identificarea şi selectarea consumatorilor nesimetrici şi deformanţi.

The paper studies the three phase systems in non-sinusoidal conditions. The simetrical components method for three phase networks and the Budeanu theory for non-sinusoidal regime in the positive sequence network are used in the analysis. Generalisation of the Budeanu theory as well as new indicators for the selection of consumers are presented.

Descriptori: sisteme trifazate, regimuri nesinusoidale, teoria Budeanu, contribuţii

Introducere

Regimul deformant a fost definit şi studiat pentru prima dată de Constantin Budeanu numai pentru reţeaua electrică monofazată. Ca o continuitate a teoriei lui C. Budeanu, lucrarea noastră încearcă să rezolve două probleme: generalizarea teoriei în cazul reţelelor trifazate şi completarea teoriei cu noi indicatori pentru identificarea şi selectarea consumatorilor nesimetrici şi deformanţi.

Teoria lui Budeanu este contestată în ultimii ani de partizanii teoriei "puterilor instantanee". Este o situaţie rar întâlnită în literatura de specialitate, când o teorie corectă (Budeanu) este contestată de o teorie greşită [2, 3]. Ne facem o datorie de onoare să dezvoltăm teoria lui Budeanu şi să dezvăluim erorile din teoria puterilor complexe instantanee [1].

Fie variabila $f = f(t)$, care îndeplineşte condiţiile necesare pentru dezvoltarea în serie Fourier:

$$f = F_0 + \sqrt{2}\sum_{k=1}^{\infty} F_k \sin(k\omega t + \gamma_k), \qquad (1)$$

unde:

ω este pulsaţia fundamentală;

ν_k - faza iniţială a armonicii k;

F_k - valoarea efectivă a armonicii k.

În calculul practic al regimurilor din reţelele electrice se admite $F_0 = 0$ şi $k \le n$, unde n este finit. Se spune că variabila f este periodica nesinusoidală şi se exprimă cu relaţiile:

$$f = \sqrt{2}\sum_{k=1}^{n} F_k \sin(k\omega t + \gamma_k) = \sqrt{2}\,\mathrm{Im}\,ag\sum_{k=1}^{n}\underline{f}_k \qquad (2)$$

$$\underline{f}_k = \underline{F}_k e^{jk\omega t};\ \underline{F}_k = F_k e^{j\gamma_k}, \qquad (3)$$

unde: $\underline{f}_k$ este sinor, iar $\underline{F}_k$ este fazor.

1. Teoria Budeanu cu privire la puterile reactive şi deformante

Fie două variabile periodice nesinusoidale u, i:

$$u = \sum_{k=1}^{n} U_k \sin(k\omega t + \alpha_k) = \sqrt{2}\,\mathrm{Im}\,ag\sum_{k=1}^{n}\underline{U}_k; \qquad (4)$$

* Universitatea "POLITEHNICA" Bucureşti , Facultatea de Energetică

** Informatica Pipera S.A.

$$i = \sum_{k=1}^{n} I_k \sin(k\omega t + \beta_k) = \sqrt{2}\,\mathrm{Im}\, ag \sum_{k=1}^{n} \underline{I}_k . \quad (5)$$

Variabilele u, i sunt tensiunea şi curentul la bornele unui receptor dintr-o reţea electrică monofazată. Se spune că reţeaua funcţionează în regim deformant (Budeanu). Se definesc puterile la bornele receptorului deformant:

- puterea instantanee:

$$p = u \cdot i ; \quad (6)$$

- puterea activă:

$$P = \sum_{k=1}^{n} U_k I_k \cos(\alpha_k - \beta_k) ; \quad (7)$$

- puterea reactivă:

$$Q = \sum_{k=1}^{n} U_k I_k \sin(\alpha_k - \beta_k) ; \quad (8)$$

- puterea complexă:

$$\underline{S} = \sum_{k=1}^{n} \underline{U}_k \underline{I}_k^* = P + jQ ; \quad (9)$$

- puterea aparentă:

$$S = U \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2} , \quad (10)$$

unde:

$$U = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} U_k^2} \; ; \; I = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} I_k^2} . \quad (11)$$

Cu relaţiile (4) - (7) se demonstrează că puterea activă este media puterii instantanee pe o perioadă fundamentală T=2π/ω. Cu ultima relaţie, (10), se defineşte (Budeanu) puterea deformantă D, iar cu relaţiile (7), (8), (11) se demonstrează:

$$D = \sqrt{\sum_{\substack{i,j \\ i \neq j}} \left[U_i^2 I_j^2 + U_j^2 I_i^2 - 2 I_i U_i I_j U_j \cos(\varphi_i - \varphi_j) \right]} ;$$

$$\varphi_i = \alpha_i - \beta_i . \quad (12)$$

Din relaţiile (12) rezultă că puterea deformantă D se anulează în condiţiile:

$$\frac{U_i}{I_i} = \text{const. 1.}; \quad \varphi_i = \text{const. 2;} \quad i=1,2,..n . \quad (13)$$

Budeanu propune doi indicatori ai regimului deformant: coeficientul de distorsiune k_d şi factorul de putere k_P:

$$k_d = \frac{A_d}{A} ; \quad k_P = \frac{P}{S} , \quad (14)$$

unde:

A_d este reziduul deformant, $A_d = \sqrt{\sum_{k=2}^{n} A_k^2}$.

Coeficientul de distorsiune k_d se poate calcula pentru tensiune şi/sau pentru curent.

Având în vedere selectarea consumatorilor deformanţi în două categorii (Budeanu) propunem încă doi indicatori: factorul de putere deformantă k_D şi factorul de putere activă pe armonică fundamentală k_{P1}:

$$k_D = \frac{D}{S} ; \quad k_{P1} = \frac{P_1}{S_1} . \quad (15)$$

2. Generalizarea teoriei Budeanu pentru reţele trifazate

Fie u_a, u_b, u_c şi i_a, i_b, i_c mărimile de stare, tensiunile şi curenţii, la bornele unui circuit trifazat a, b, c. Tensiunile şi curenţii se exprimă cu relaţii de forma (4), (5) şi se definsc fazorii ($\underline{U}_{ak}$, $\underline{U}_{bk}$, $\underline{U}_{ck}$), respectiv ($\underline{I}_{ak}$, $\underline{I}_{bk}$, $\underline{I}_{ck}$), unde k = 1, 2, 3 .. n. Folosind metoda componentelor simetrice 0, 1, 2 se definesc fazorii de succesiune pozitivă (directă), negativă (inversă) şi zero (homopolară):

$$\begin{bmatrix} U_{0k} \\ U_{1k} \\ U_{2k} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{ak} \\ U_{bk} \\ U_{ck} \end{bmatrix} ;$$

$$\begin{bmatrix} I_{0k} \\ I_{1k} \\ I_{2k} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{ak} \\ I_{bk} \\ I_{ck} \end{bmatrix} ; \quad (16)$$

unde a este operatorul de rotaţie: $a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$.

Se definesc puterile trifazate la borne:

- puterea instantanee:

$$p = u_a \cdot i_a + u_b \cdot i_b + u_c \cdot i_c ; \quad (17)$$

- puterea complexă:

$$\underline{S} = \sum_{k} (\underline{U}_{ak} \underline{I}_{ak}^* + \underline{U}_{bk} \underline{I}_{bk}^* + \underline{U}_{ck} \underline{I}_{ck}^*) . \quad (18)$$

Cu ajutorul transformării (16) se obţine din (18):

$$\underline{S} = \sum_{k} (\underline{U}_{0k} \underline{I}_{0k}^* + \underline{U}_{1k} \underline{I}_{1k}^* + \underline{U}_{2k} \underline{I}_{2k}^*) \quad (19)$$

sau:

$$\underline{S} = \underline{S}_0 + \underline{S}_1 + \underline{S}_2 ;$$

$$\underline{S}_1 = \sum_k \underline{U}_{1k} \cdot \underline{I}_{1k}^* \qquad (20)$$

$$\underline{S}_0 = \sum_k \underline{U}_{0k} \cdot \underline{I}_{0k}^* ;$$

$$\underline{S}_2 = \sum_k \underline{U}_{2k} \cdot \underline{I}_{2k}^* \qquad (21)$$

Pentru reţeaua de succesiune directă se definesc puterile P_1, Q_1 şi $\underline{S}_1$, S_1 la fel ca în reţeaua monofazată din teoria Budeanu.

$$P_1 = \sum_{k=1}^{n} U_{1k} I_{1k} \cos(\alpha_{1k} - \beta_{1k}); \qquad (22)$$

$$Q_1 = \sum_{k=1}^{n} U_{1k} I_{1k} \sin(\alpha_{1k} - \beta_{1k}) \qquad (22')$$

$$\underline{S}_1 = \sum_{k=1}^{n} \underline{U}_{1k} \underline{I}_{1k}^* = \sum_{k=1}^{n} (P_k + Q_k); \qquad (23)$$

$$S_1 = U_1 I_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2 + D_1^2}; \qquad (24)$$

unde:

$$U_1 = \sqrt{\sum_k U_{1k}^2}\ ;\ I_1 = \sqrt{\sum_k I_{1k}^2}\ ; \qquad (25)$$

Cu ajutorul relaţiilor (19) ... (23) se demonstrează relaţiile analoage cu (9), (10) pentru reţeaua de succesiune directă.

Având în vedere selectarea consumatorilor nesimetrici şi deformanţi se definesc indicatorii:

- coeficientul de nesimetrie K_2 şi coeficientul de dezechilibru K_0:

$$K_2 = \left|\frac{\underline{S}_2}{\underline{S}_1}\right| \text{ şi } K_0 = \left|\frac{\underline{S}_0}{\underline{S}_1}\right|; \qquad (26)$$

- coeficientul de distorsiune K_{d1} şi factorul de putere K_{P1} pentru reţeaua de succesiune directă (pozitivă):

$$K_{d1} = \frac{A_{d1}}{\sqrt{A_1 - A_{01}^2}}; K_{P1} = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2 + D_1^2}}; \qquad (27)$$

- factorul de putere deformantă pe reţeaua de succesiune directă K_{D1} şi factorul de putere activă pe armonica fundamentală a reţelei de succesiune directă K_{P11}:

$$K_{D1} = \frac{D_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2 + D_1^2}}; K_{P11} = \frac{P_{11}}{\sqrt{P_{11}^2 + Q_{11}^2}}. \qquad (28)$$

3. Teoria puterilor complexe instantanee

Se definesc două sisteme de componente scalare (α, β, h) şi (d, q, h) pentru tensiuni şi pentru curenţi, de exemplu:

$$u_\alpha + ju_\beta = \sqrt{\frac{2}{3}}(u_a + a \cdot u_b + a^2 u_c);$$

$$u_h = \frac{1}{\sqrt{3}}(u_a + u_b + u_c) \qquad (29)$$

$$\left(U_d + jU_q\right) \cdot e^{j\omega t} = \left(u_\alpha + ju_\beta\right) \cdot e^{j\lambda};$$

$$U_h = u_h . \qquad (30)$$

Cu ajutorul tranformărilor (29), (30) se obţine din relaţia (17):

$$p = u_\alpha i_\alpha + u_\beta i_\beta + u_h i_h, \qquad (31)$$

$$p = U_d I_d + U_q I_q + U_h I_h . \qquad (32)$$

În regimul pur (permanent sinusoidal simetric şi de succesiune directă) se demonstrează relaţiile:

$$\underline{S} = (u_\alpha + ju_\beta) \cdot (i_\alpha + ji_\beta)^*, \qquad (33)$$

$$\underline{S} = (U_d + jU_q) \cdot (I_d + jI_q)^* . \qquad (34)$$

Separând părţile reale şi imaginare din (33) şi (34) se obţin puterile activă şi reactivă în regimul pur.

Partizanii teoriei puterilor complexe instantanee declară fără demonstraţie că relaţiile (32) şi (33) sunt valabile şi în regimuri nesinusoidale şi ca urmare definesc puteri complexe instantanee, care se numesc puterile Park:

$$\underline{s}(t) = (u_\alpha + ju_\beta) \cdot (i_\alpha + ji_\beta)^*, \qquad (35)$$

$$\underline{s}(t) = (U_d + jU_q) \cdot (I_d + jI_q)^* . \qquad (36)$$

Separând partea imaginară din ultima relaţie (36) se demonstrează [2,3] că puterea reactivă instantanee se exprimă cu relaţia:

$$Q_P = \sum_{k=1}^{n} Q_{0k} + \sum_{k=1}^{n} Q_{1k} - \sum_{k=1}^{n} Q_{2k} . \qquad (37)$$

Rezultatul (37) este greşit, deoarece nu corespunde cu rezultatul din relaţia (19). Partizanii puterilor instantanee susţin că puterea Q_P din (37) este o "caracteristică" a reţelei trifazate.

4. Analiza comparativă a criteriilor de clasificare (Budeanu în trifazat şi teoria puterilor instantanee)

În afara indicatorilor definiţi în paragrafele 1 şi 2 s-au mai definit următorii indicatori întâlniţi în literatură:

- Coeficientul de descriere a variaţiei puterii instantanee:

$$C_{VPI} = \frac{Max\{p_{PARK}(t)\}}{P_{PARK}},$$

adică raportul între puterea activă Park instantanee, maximă, pe intervalul unei perioade şi puterea activă Park medie (care este de fapt egală cu puterea trifazată).

- Coeficientul de descriere a variaţiei puterii instantanee:

$$C_{VQI} = \frac{Max\{q_{PARK}(t)\}}{Q_{PARK}},$$

adică raportul între puterea reactivă Park instantanee maximă pe intervalul unei perioade şi puterea reactivă Park medie.

- Factorul de putere trifazat:

$$K_{TRIF} = \frac{P_{TRIF}}{S_{TRIF}} = \frac{P_a + P_b + P_c}{S_a + S_b + S_c}.$$

Acest factor de putere ţine cont de întreaga putere activă măsurată la bornele consumatorului şi derivă din teoria Budeanu, de descriere a consumatorilor monofazaţi.

- Factorul de putere global, definit cu ajutorul teoriei puterilor instantanee (PI):

$$K_{PI} = \frac{P_P}{S} = \frac{P_P}{V \cdot I} = \frac{\mathrm{Re}\left\{\underline{V}_P \underline{I}_P^*\right\}}{V_P I_P},$$

unde:

V_P şi I_P sunt tensiunea, respectiv curentul Park, iar P_P este puterea Park.

În tabelul 1 sunt prezentate rezultatele obţinute în urma calculării coeficienţilor de mai sus pe un set reprezentativ de regimuri trifazate simulate cu ajutorul programului SPICE. În figura 1 este indicată schema realizată pentru testarea criteriilor propuse. Componentele specificate în tabel au fost notate corespunzător schemei din figura1.

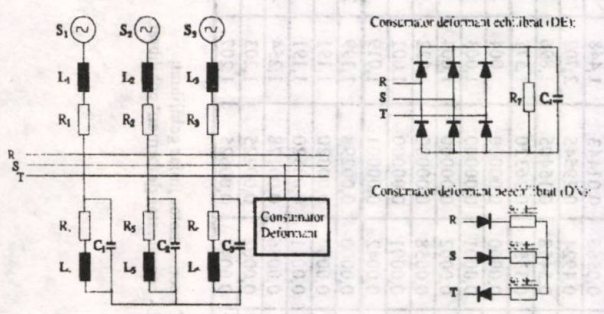
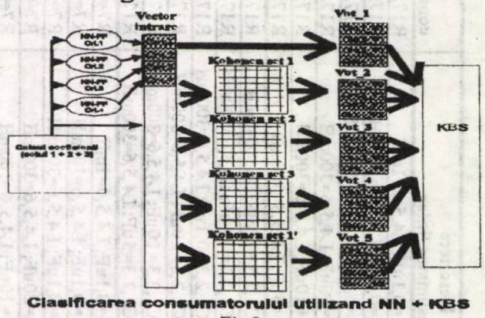


Fig. 1. Schema de test pentru criteriile propuse.

Datorită numărului mare de date de ieşire, experienţa rezultată din calcularea criteriilor de clasificare a fost înglobată într-un sistem expert combinat: reţele neuronale + sistem expert bazat pe cunoştinţe (KBS).

Sistemul expert, numit SIDEF (Sistem expert pentru analiza regimurilor DEFormante) are structura din figura 2.



Clasificarea consumatorului utilizand NN + KBS

Fig.2.

În cadrul prelucrării informaţiilor se calculează trei seturi de coeficienţi ce utilizează formulele de mai sus. Aceşti coeficienţi sunt apoi utilizaţi ca date de intrare într-o reţea neuronală complexă, formată din reţele neuronale cu propagare înainte (Multi-layer perceptron) şi reţele neuronale Kohonen (hărţi cu autoorganizare), în urma cărora rezultă mai multe voturi privind clasificarea consumatorului. Aceste voturi individuale (care reprezintă diverse puncte de vedere ale problemei observate) sunt apoi prelucrate de către un sistem expert bazat pe reguli exprimate în limbajul PROCLOG.

Clasificarea cu SIDEF a 100 de exemple diferite de regimuri a dus, pentru sistemul final, la un succes global al clasificării automate de 98,75%, înregistrându-se un succes de 100% al clasificării consumatorului în una din cele trei categorii (după Budeanu): liniar, consumator deformant de ordinul 1, consumator deformant de ordinul 2.

Observaţii:

- În urma analizei făcute s-a putut totuşi trage concluzia că criteriile de clasificare rezultate din teoria Budeanu originală şi din cea extinsă în trifazat au avut rolul hotărâtor în obţinerea unei clasificări de înaltă performanţă.
- În cadrul fiecărui tip de regim, se observă că zona cu valori minime ale lui K_{TRI} corespunde zonei cu valori maxime ale coeficientilor K_{D1}, K_2. Această similitudine încurajează utilizarea coeficienţilor propuşi pentru analize de regimuri deformante şi nesimetrice, în condiţiile în care aceştia permit şi nuanţarea studiului pe secvenţele directă, inversă şi homopolară ale puterilor.
- Se observă faptul că factorul de putere trifazat K_{TRI} este aproximativ egal cu factorul de putere global, definit cu ajutorul puterilor instantanee, K_{PI}, ceea ce

Tabelul 1

Criteriile analizate pentru diferite configuraţii şi regimuri de funcţionare

Fişier	K_{D1}	K_2	C_{VPI}	C_{VQI}	K_{TRI}	K_{P11}	K_{P1}	K_{PI}	Tip regim	Descriere consumator liniar	Descriere consumator neliniar
reg7.spi	0,0000	0,00147	1,118	78,427	1,000	1,0000	1,0000	1,000	LE, DN	R4,5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=1mH	R17,18,19=50
reg8.spi	0,0148	0,00132	1,117	1,358	0,954	0,9547	0,9546	0,955		R4,5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=100mH	R17,18,19=50
reg9.spi	0,0208	0,01307	1,140	1,191	0,728	0,7289	0,7288	0,728		R4,5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=300mH	R17,18,19=50
reg10.spi	0,3714	0,01032	1,575	-1,306	0,879	0,9713	0,9635	0,878		R4,5,6=100; C1,2,3=20uF; L4,5,6=300mH	R17,18,19=50
reg11.spi	0,1333	0,01717	1,462	2,196	0,914	0,9443	0,9457	0,913		R4,5,6=100; C1,2,3=10uF; L4,5,6=300mH	R17,18,19=50
reg12.spi	0,1045	0,01054	1,308	1,681	0,831	0,8402	0,8416	0,831		R4,5,6=100; C1,2,3=5uF; L4,5,6=300mH	R17,18,19=50
reg13.spi	0,0068	0,00158	1,238	63,689	0,989	1,0000	1,0000	0,980	LN, DN	R4=50, R5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=1mH	R17,18,19=50
reg14.spi	0,0147	0,00382	1,194	1,567	0,920	0,9284	0,9283	0,912		R4=50, R5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=100mH	R17,18,19=50
reg15.spi	0,0202	0,01177	1,230	1,318	0,651	0,6530	0,6528	0,648		R4=50, R5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=300mH	R17,18,19=50
reg16.spi	0,4025	0,01419	1,612	-19,754	0,880	0,9998	0,9986	0,874		R4=50, R5,6=100; C1,2,3=20uF; L4,5,6=300mH	R17,18,19=50
reg17.spi	0,1321	0,03045	1,534	1,976	0,842	0,8733	0,8751	0,835		R4=50, R5,6=100; C1,2,3=10uF; L4,5,6=300mH	R17,18,19=50
reg18.spi	0,1013	0,04318	1,248	1,595	0,749	0,7592	0,7605	0,745		R4=50, R5,6=100; C1,2,3=5uF; L4,5,6=300mH	R17,18,19=50
reg21.spi	0,0003	0,01279	1,109	-80,627	1,000	1,0000	1,0000	1,000	LE, DE(1)	R4,5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=1mH	R7=100, C4=1nF
reg22.spi	0,0486	0,00733	1,083	1,886	0,948	0,9549	0,9547	0,948		R4,5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=100mH	R7=100, C4=1nF
reg23.spi	0,0564	0,04910	1,232	1,244	0,722	0,7300	0,7298	0,722		R4,5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=300mH	R7=100, C4=1nF
reg24.spi	0,4594	0,32337	2,513	89,645	0,559	0,9709	0,9630	0,559		R4,5,6=100; C1,2,3=20uF; L4,5,6=300mH	R7=100, C4=1nF
reg25.spi	0,5443	0,11639	1,744	3,874	0,715	0,9432	0,9668	0,717		R4,5,6=100; C1,2,3=10uF; L4,5,6=300mH	R7=100, C4=1nF
reg26.spi	0,3420	0,11971	1,423	2,493	0,748	0,8393	0,8540	0,749		R4,5,6=100; C1,2,3=5uF; L4,5,6=300mH	R7=100, C4=1nF
reg33.spi	0,0219	0,01175	1,311	30,993	0,989	1,0000	1,0000	0,981	LN, DE	R4=50, R5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=1mH	R7=100, C4=1nF
reg34.spi	0,0487	0,00429	1,242	1,852	0,913	0,9274	0,9271	0,905		R4=50, R5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=100mH	R7=100, C4=1nF
reg35.spi	0,0566	0,01443	1,448	1,319	0,644	0,6520	0,6518	0,641		R4=50, R5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=300mH	R7=100, C4=1nF
reg36.spi	0,4924	0,29545	2,702	7,049	0,552	1,0000	0,9991	0,551		R4=50, R5,6=100; C1,2,3=20uF; L4,5,6=300mH	R7=100, C4=1nF
reg37.spi	0,5458	0,15405	1,896	3,277	0,670	0,8720	0,9052	0,668		R4=50, R5,6=100; C1,2,3=10uF; L4,5,6=300mH	R7=100, C4=1nF
reg38.spi	0,3351	0,26320	1,571	2,415	0,681	0,7579	0,7727	0,679		R4=50, R5,6=100; C1,2,3=5uF; L4,5,6=300mH	R7=100, C4=1nF
reg41.spi	0,0000	0,00000	1,004	-307,583	1,000	1,0000	1,0000	1,000	LE, -	R4,5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=1mH	-
reg42.spi	0,0001	0,00000	1,003	1,003	0,955	0,9548	0,9548	0,955		R4,5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=100mH	-
reg43.spi	0,0002	0,00000	1,004	1,003	0,730	0,7297	0,7297	0,730		R4,5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=300mH	-
reg44.spi	0,0058	0,00000	1,022	0,975	0,971	0,9714	0,9714	0,971		R4,5,6=100; C1,2,3=20uF; L4,5,6=300mH	-
reg45.spi	0,0001	0,00000	1,001	1,002	0,944	0,9441	0,9441	0,944		R4,5,6=100; C1,2,3=10uF; L4,5,6=300mH	-
reg46.spi	0,0042	0,00001	1,019	1,043	0,840	0,8403	0,8404	0,840		R4,5,6=100; C1,2,3=5uF; L4,5,6=300mH	-
reg47.spi	0,0000	0,00298	1,199	28,158	0,989	1,0000	1,0000	0,981	LN, -	R4=50, R5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=1mH	-
reg48.spi	0,0000	0,00320	1,191	1,500	0,920	0,9277	0,9277	0,913		R4=50, R5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=100mH	-
reg49.spi	0,0011	0,00520	1,191	1,178	0,650	0,6520	0,6520	0,648		R4=50, R5,6=100; C1,2,3=0,1uF; L4,5,6=300mH	-
reg50.spi	0,0086	0,00178	1,254	-20,7	0,985	0,9999	0,9999	0,973		R4=50, R5,6=100; C1,2,3=20uF; L4,5,6=300mH	-
reg51.spi	0,0002	0,00225	1,203	1,373	0,865	0,8713	0,8713	0,857		R4=50, R5,6=100; C1,2,3=10uF; L4,5,6=300mH	-
reg52.spi	0,0044	0,00625	1,207	1,248	0,754	0,7579	0,7579	0,749		R4=50, R5,6=100; C1,2,3=5uF; L4,5,6=300mH	-

Observaţie: LE - consumator liniar echilibrat; LN - consumator liniar neechilibrat;
DE - consumator deformant echilibrat; DN - consumator deformant neechilibrat.

dovedește coerența teoriei derivate din puterea activă instantanee (spre deosebire de mărimile derivate din puterea reactivă instantanee, care este doar o funcție de calcul fără fundament fizic).

- Introducerea bateriilor de condensatoare pentru compensarea factorului de putere duce la înrăutățirea coeficienților analizați atunci când pe bare există conectați consumatori deformanți, punând astfel în evidență apartenența consumatorului liniar studiat la categoria consumatorilor deformanți de ordinul II (conform teoriei Budeanu).
- Valorile foarte mari obținute pentru coeficientul C_{vQI}, în condițiile unui consumator liniar pur rezistiv ($Q \cong 0$), se explică prin erorile de calcul ce apar la împărțirea dintre numere mici.
- În urma utilizării unui sistem expert combinat, sistemul expert SIDEF a reușit clasificarea cu un succes global de 98,75%, respectiv de 100%, pentru clasificarea după categoriile definite de Budeanu.
- Sistemul expert SIDEF a utilizat ca principale date de intrare criteriile de clasificare din tabelul 1.
- Utilizarea tehnicilor AI în acest gen de aplicație a fost justificată de faptul că nu există încă o singură teorie în domeniu, care să acopere întreaga problematică și orice situație. De aceea, algoritmii clasici au fost utilizați sub formă de diferiți coeficienți, ca date de intrare într-un sistem expert complex.

Concluzii

Elementele originale, teoretice și practice, ale lucrării sunt:

- generalizarea metodei lui Budeanu pentru rețelele trifazate;
- completarea cu noi indicatori pentru selectarea și identificarea consumatorilor nesimetrici și deformanți: K_{D1}, K_2, K_o, K_{P11}, K_{P1}.
- clasificarea automată a consumatorilor, conform teoriei Budeanu, folosind indicatorii prezentați și un program expert combinat (bazat pe cunoștințe și rețele neuronale).

Problema identificării consumatorilor deformanți poate fi dezvoltată în corelație cu aspectele tehnico-economice. Se pot stabili indicatori penru penalizarea consumatorilor deformanți de categoria 1.

Odată cu dezvoltarea teoriei Budeanu au fost puse în evidență și erorile din teoria puterilor complexe instantanee.

BIBLIOGRAFIE

[1] Potolea, E., Conecini, I., Patrășcoiu, S., Gheorghe, Șt., Sănduleac, M. *On-line monitoring and off-line analysis of the harmonic state*, CIGRE 1996, lucrarea 36-303.

[2] Czarnecki, L. *What is wrong with the Budeanu concept of reactive and Distortion Power and why it should be abandoned.* In: IEEE Transactions on instrumentation and measurement, Vol.3, No. 3, September 1987.

[3] Ferero, A., Morando, P. ș.a. *On the Meaning of the Park Power Components in Three-Phase Systems under Non-Sinusoidal Conditions.* In: ETEP Vol. 3, No. 1, Jan/Feb. 1993.

Referent: prof. dr. ing. Nicolae Golovanov - Facultatea de Energetică - UPB

(Primit la 10 septembrie 1997, acceptat la 17 septembrie 1997)

BANCĂ DE DATE PRIVIND CALITATEA ENERGIEI ELECTRICE

ing. MIHAI IVAN, ing. MARIN CRĂCIUN, ing. LUMINIŢA ELEFTERESCU*

Această lucrare prezintă o bază de date de calitate a energiei electrice dezvoltată în cadrul Laboratorului de gestiune şi eficienţă energie electrică din GSCI. Această bază de date a fost dezvoltată atât pentru evaluarea nivelului actual al calităţii energiei electrice în reţelele sistemului energetic naţional, cât şi pentru alte scopuri.

Măsurătorile au fost efectuate cu analizatorul de calitate a energiei electrice BMI Model 7100, iar rezultatele au fost încărcate în baza de date, fiind astfel posibile următoarele:

- *calculul indicatorilor de calitate a energiei electrice;*
- *compararea acestor indicatori cu niveluri de compatibilitate corespunzătoare;*
- *prelucrarea datelor pentru obţinerea unor rapoarte variate (tabele, grafice, analiză statistică etc.).*

Fenomenele de calitate a energiei electrice studiate sunt următoarele:

- *variaţii de frecvenţă;*
- *variaţii de tensiune (variaţii de lungă durată, goluri, întreruperi);*
- *nesimetria tensiunii;*
- *armonici;*
- *fenomene tranzitorii.*

În final, lucrarea prezintă câteva exemple ce ilustrează modul de prezentare al rapoartelor pentru anumite evenimente înregistrate.

The paper presents a power quality database developed in the Laboratory for Energy Monitoring and Efficiency from GSCI. This database was developed for evaluation of actual power quality level in NPS and for planning purposes.

The measurements were carried out by means of MI 7100 and the results were loaded in the database, which achieves the following:

- *Calculate the values of the indices for power quality;*
- *Compares of these indices with the compatibility levels;*
- *Processes data for the obtaning of miscellaneous types of reports (tables, graphs, statistical analysis, etc.).*

Power quality phenomena that were investigated were:

- *Frequency variations;*
- *Voltage variations (long - duration variations, sags, interruptions);*
- *Voltage unbalance;*
- *Harmonics;*
- *Transients.*

Finally, the paper presents exemples to illustrate how the raports for some recorded events look.

Descriptori: calitatea energiei, abateri, nesimetrii, selecţii, bancă de date, rezultate practice

Introducere

Noţiunea de "calitate a energiei electrice" se referă la o varietate largă de fenomene, care caracterizează tensiunea şi curentul într-un interval de timp şi într-un anumit punct al sistemului energetic.

Pentru evaluarea calităţii energiei electrice este necesară determinarea mai multor parametri caracteristici pentru tensiune şi curent, numiţi indicatori de calitate a energiei electrice.

Tipurile de perturbaţii pentru care au fost definiţi indicatorii de calitate a energiei electrice sunt următoarele:

- variaţii de frecvenţă;
- variaţii de tensiune de lungă durată;
- goluri de tensiune;
- întreruperi;
- nesimetria tensiunii (curentului);
- fenomene deformante (tensiune şi curent);
- supratensiuni temporare.

Banca de date de calitate a energiei electrice cuprinde rezultatele măsurătorilor indicatorilor de calitate şi informaţii referitoare la momentul şi locul înregistrării acestora, ceea ce va conduce la evaluarea nivelului calităţii energiei electrice (nivelul perturbaţiilor din reţelele electrice).

* RENEL - GSCI

Deoarece numărul şi tipul perturbaţiilor care pot apărea în reţelele electrice este relativ mare, iar fiecare tip de perturbaţie are o serie de indicatori de calitate caracteristici, numărul total al parametrilor care se cer urmăriţi, memoraţi, comparaţi cu valori maxim admisibile stabilite prin standarde, prescripţii etc. şi prelucraţi este foarte mare.

De aceea a apărut necesitatea creării unei baze de date relaţionale, care să permită accesul direct şi/sau secvenţial la fiecare înregistrare sau grup de înregistrări, în vederea prelucrării datelor şi, pe baza calculelor statistice, să se facă compararea cu valorile admisibile stabilite prin standarde, prescripţii.

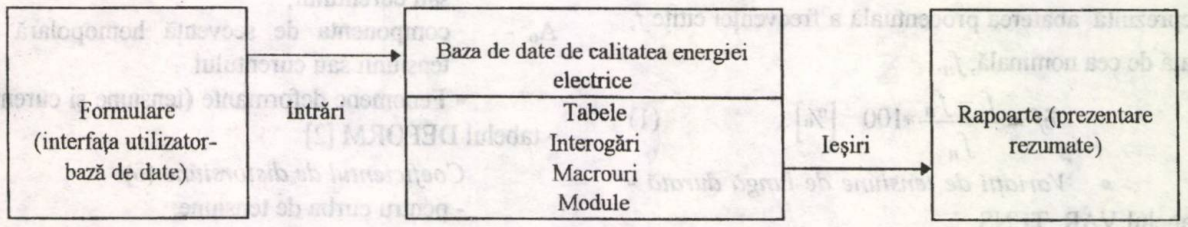


Fig.1. Flux informaţional de date în cadrul bazei de date de calitate a energiei.

În SUA, a fost realizat sistemul PQ View, care este un produs Microsoft Access al proiectului DPQ (Distribution Power Quality) al EPRI (Electric Power Research Institute) din Statele Unite. PQ View reprezintă un sistem complex de baze de date pentru analiza şi managementul calităţii energiei electrice, pe baza informaţiilor achiziţionate de la diverse sisteme de monitorizare, constituind, de fapt, un sistem de centralizare a acestor informaţii de calitate a energiei electrice.

Importanţa acordată în ultimul timp, atât pe plan mondial, cât şi intern, calităţii energiei electrice, a generat necesitatea creării unei bănci de date de calitate a energiei electrice, pe baza rezultatelor monitorizării calităţii energiei electrice.

1. Prezentarea bazei de date

Pentru realizarea prezentei baze de date, s-au parcurs următoarele etape:

- *Selectarea sistemului de gestiune baze de date.*

Analizând caracteristicile celor trei tipuri de sisteme de gestiune de baze de date care sunt cele mai utilizate: FOXPRO, ACCESS, ORACLE, comparativ cu ceea ce se doreşte a fi o bancă de date de calitate a energiei electrice (un mediu de stocare a principalilor indicatori de calitate a energiei electrice, care să permită analiza şi evaluarea statistică a acestor indicatori) şi având în vedere experienţa altor institute de specialitate din străinătate în realizarea unei astfel de bănci de date, s-a optat pentru produsul Microsoft Access. Sistemul de baze de date relaţionale Access rulează sub mediul Windows şi este unul din cele mai bune sisteme de baze de date disponibile pentru calculatoarele personale. Pentru această alegere s-au avut în vedere: interfaţa simplă cu utilizatorul, posibilităţile de programare mult mai eficiente, comparativ cu alte pachete de programe din domeniul bazelor de date, care nu pot realiza mai mult decât operaţii uzuale de stocare şi căutare, integrarea uşoară a înregistrărilor grafice ale parametrilor de calitate a energiei electrice, compatibilitatea cu formatele de date ale altor baze de date, cum ar fi EXCEL, dBASE, Paradox, Lotus 1-2-3, iar în cazul unei baze de date prea mari pentru o reţea de calculatoare personale, asigurarea interfeţei cu sistemele de operare cu servere, care rulează programe ca ORACLE sau SQL Server.

O bază de date Access combină toate componentele unei baze de date: tabele, formulare, rapoarte, interogări, module, macro-uri, pentru a gestiona introducerea, stocarea şi extragerea informaţiilor. Astfel, formularele sunt folosite pentru introducerea şi afişarea datelor pe ecran, tabelele definesc structuri de stocare a datelor, iar rapoartele sunt destinate extragerii datelor din tabele şi interogării şi trimiterii lor către imprimantă sub formă de rezumate. Acest flux informaţional de date pentru baza de date de calitate a energiei electrice este prezentat în figura 1.

- *Creare de tabele, formulare, rapoarte, interogări, macrouri, module.*

Datele de bază (indicatori de calitate a energiei electrice, împreună cu localizarea în spaţiu şi timp a punctului monitorizat şi a eventualelor

observații relative la condițiile măsurătorii și încadrarea în limite normate) sunt stocate în șapte tabele principale, de date: VAR_FR; VAR_TENS; GOL_TENS; INTRERUP; NESIM; DEFORM; SUPRAT.

Ficcare dintre aceste tabele de date sunt destinate unui anumit tip de perturbație, respectiv: variații de frecvență; variații de tensiune de lungă durată; goluri de tensiune; întreruperi; nesimetria tensiunii (curentului); fenomene deformante (tensiune și curent); supratensiuni temporare.

Indicatorii de calitate ai energiei electrice stocați în cadrul tabelelor sunt următorii:

- *Variații de frecvență* - tabelul VAR_FR

Abaterea procentuală de frecvență, δf, reprezintă abaterea procentuală a frecvenței citite f, față de cea nominală, f_n.

$$\delta f = \frac{f - f_n}{f_n} * 100 \quad [\%]. \tag{1}$$

- *Variații de tensiune de lungă durată* - tabelul VAR_TENS

Abaterea procentuală de tensiune, ΔU, reprezintă abaterea procentuală a tensiunii față de valoarea nominală [1]:

$$\Delta U = \frac{U - U_c}{U_c} * 100 \quad [\%], \tag{2}$$

unde:

U este valoarea efectivă a tensiunii măsurată în punctul considerat;

U_c - tensiunea contractată.

- *Goluri de tensiune* - tabelul GOL_TENS

Amplitudinea procentuală a golului de tensiune, α_f:

$$\alpha_f = \frac{U_c - U}{U_c} * 100 \quad [\%]. \tag{3}$$

Durata golului de tensiune, Δt_g:

$$\Delta t_g = t_f - t_i \quad [\mathrm{s}]. \tag{4}$$

în care:

U este valoarea reziduală a tensiunii pe fază;

U_c - tensiunea contractată, pe fază;

t_i, t_f - momentul inițial, respectiv cel final.

- Întreruperi - tabelul ÎNTRERUP

Durata întreruperii, Δt:

$$\Delta t = t_f - t_i \quad [\mathrm{s}], \tag{5}$$

în care: t_i, t_f sunt momentul inițial, respectiv cel final.

- Nesimetria tensiunii (curentului) - tabelul NESIM [2].

Coeficientul de disimetrie k_{ns2}:

$$k_{ns2} = A_2 / A_1 \ ; \tag{6}$$

Coeficientul de asimetrie k_{ns0}:

$$k_{ns0} = A_0 / A_1 . \tag{7}$$

unde:

A_2 este componenta de secvență inversă a tensiunii sau curentului;

A_1 - componenta de secvență directă a tensiunii sau curentului;

A_0 - componenta de secvență homopolară a tensiunii sau curentului.

- Fenomene deformante (tensiune și curent) - tabelul DEFORM [2]

Coeficientul de distorsiune (δ):

- pentru curba de tensiune:

$$\delta_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} U_n^2}}{U_1} \mathrm{x}100 \quad [\%]; \tag{8}$$

- pentru curba de curent:

$$\delta_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} I_n^2}}{I_1} \mathrm{x}100 \quad [\%]. \tag{10}$$

Nivelul armonicilor (γ):

- pentru curba de tensiune:

$$\gamma_U = \frac{U_n}{U_1} \mathrm{x}100 \quad [\%]; \tag{10}$$

- pentru curba de curent:

$$\gamma_I = \frac{I_n}{I_1} \mathrm{x}100 \quad [\%], \tag{11}$$

în care:

U_n, I_n sunt valoarea armonicii de tensiune, respectiv de curent pentru $n \geq 2$;

U_1, I_1 - valoarea fundamentalei tensiunii, respectiv a curentului.

- *Supratensiuni temporare* - tabelul SUPRAT

Coeficientul de supratensiune temporară (k_{st}):

$$k_{st} = U_{\max} / U_c , \tag{12}$$

unde:

U_{max} este amplitudinea supratensiunii;

U - amplitudinea tensiunii pe fază.

Formularele reprezintă ferestrele primare folosite pentru introducerea unor înregistrări noi, editarea celor existente, numai pentru afişare sau pentru funcţionarea acestora pur şi simplu ca nişte casete de dialog. Modelele de formulare conţin, pentru fiecare tip de perturbaţie, o singură înregistrare.

Spre deosebire de un formular care permite accesul aleator la date (introducerea sau modificarea datelor înregistrate prin monitorizare), raportul parcurge secvenţial înregistrările pentru a genera rezumate. Rapoartele bazei de date au fost concepute astfel încât să ofere informaţii cât mai concludente despre indicatorii de calitate a energiei electrice. Astfel, pentru regimul deformant, de exemplu, pentru care normativele prevăd o evaluare statistică a rezultatelor, raportul a fost conceput să ofere, pe lângă valorile instantanee ale indicatorilor şi probabilitatea cumulativă de 95%.

În cazul perturbaţiilor de tip variaţii de frecvenţă, respectiv variaţii de tensiune de lungă durată, se poate determina numărul de evenimente înregistrate, pentru care au fost depăşite limitele maxim admise impuse prin norme (RFUEE, respectiv SR CEI 38).

Pentru goluri de tensiune şi întreruperi, deoarece nu există normative în acest domeniu, analiza statistică pe un anumit interval de timp se face pe baza unei matrici amplitudine / durată, indicată în tabelul 1. La intersecţia unei linii cu o coloană se va găsi numărul de evenimente cu amplitudine / durată corespunzătoare, apărute în intervalul de timp de observaţie (frecvenţa de apariţie a acestor evenimente).

3. Rezultate obţinute

Deşi procesul de încărcare cu informaţii a bazei de date create este în curs de desfăşurare, s-a obţinut deja o serie de rezultate, care pot da o imagine a nivelului calităţii energiei electrice în anumite noduri ale SEN. S-au urmărit, în mod special, câteva tipuri de consumatori, consideraţi reprezentativi, şi anume: cuptoare cu arc, cu inducţie, laminoare, tracţiune CFR, consum casnic, iluminat public. Datele au fost obţinute din măsurătorile efectuate cu aparatul Power Evaluation – BMI Model 7100 - Power Quality.

Se prezintă, în continuare, câteva exemple de astfel de rezultate:

- Pentru variaţii de frecvenţă s-au făcut măsurători din oră în oră, în perioada 12/09/1995 – 11/10/95.

Raportul obţinut cuprinde reprezentarea grafică a prelucrării statistice a rezultatelor acestor măsurători (fig. 2).

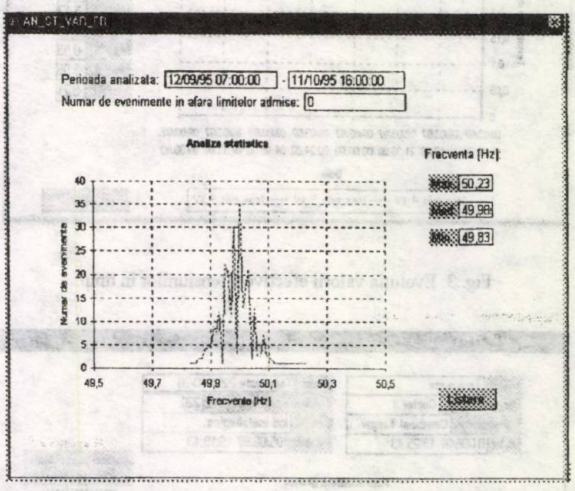


Fig. 2. Reprezentarea grafică: număr de evenimente (valori înregistrate) pentru fiecare frecvenţă.

Tabelul 1

Durată / Amplitudine	10-20 ms	20-100 ms	100-500 ms	500-1000 ms	1 - 3 s	3 - 20 s	60 – 180 s
(10 - 15)%							
(15 - 30)%							
(30 - 60)%							
(60 - 99)%							
100%							

Pentru supratensiuni, analiza statistică pe un interval de timp de observaţie presupune determinarea frecvenţei de apariţie a acestor evenimente (număr de perturbaţii înregistrate pe durata de observaţie).

Se constată că:

- valorile măsurate se înscriu în limitele admise;
- reprezentarea grafică are o formă apropiată de clopotul lui Gauss centrat pe 50 Hz

(abaterile mai mari față de înfășurătoare se datorează numărului relativ redus de înregistrări).

- Variații de tensiune de lungă durată

Se constată atât abateri negative de tensiune – în special pe joasă tensiune, la consumatori casnici (fig.3), cât și abateri pozitive – în special pe medie și înaltă tensiune (fig.4). Rezultatele celorlalte măsurători se înscriu între cele două extreme prezentate.

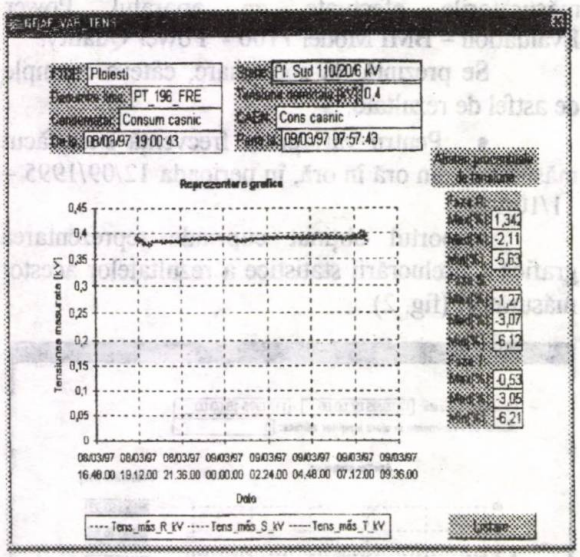


Fig. 3. Evoluția valorii efective a tensiunilor în timp.

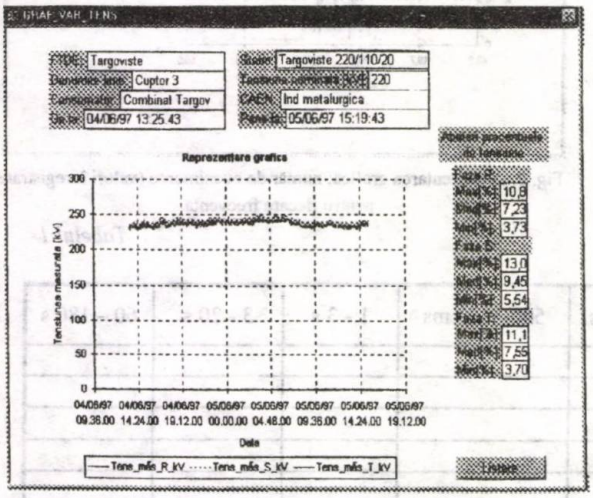


Fig. 4. Evoluția valorii efective a tensiunilor în timp.

- Golurile de tensiune înregistrate pot fi reprezentate atât sub formă de tabel (fig. 5), cât și grafic, ca amplitudine tensiune reziduală funcție de durată gol (fig. 6).

În acest ultim caz, se evidențiază poziția golului de tensiune față de curba CBEMA (Computer Bussiness Equipement Manufacturer's Association), recunoscută ca limită admisibilă pentru calculatoare și echipamente similare (IEEE STD 446-1980).

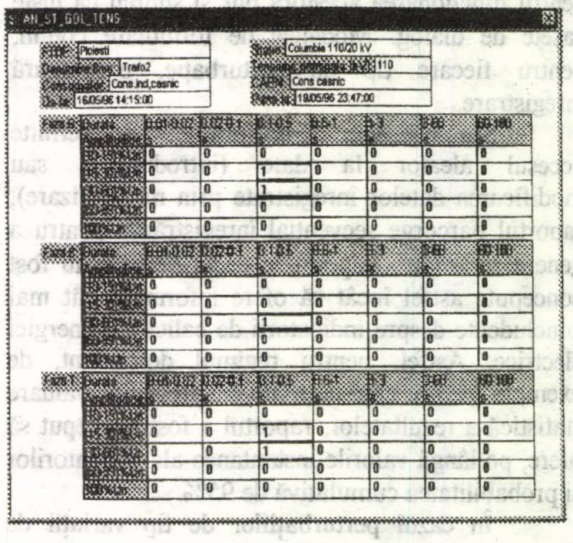


Fig. 5. Matricea amplitudine – durată a golurilor de tensiune.

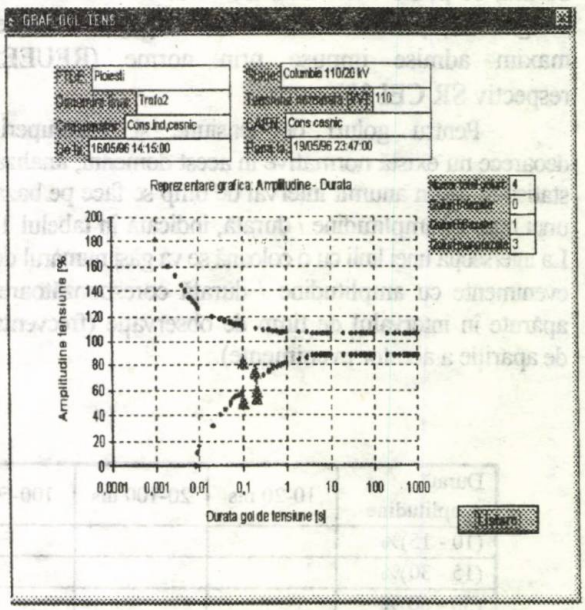
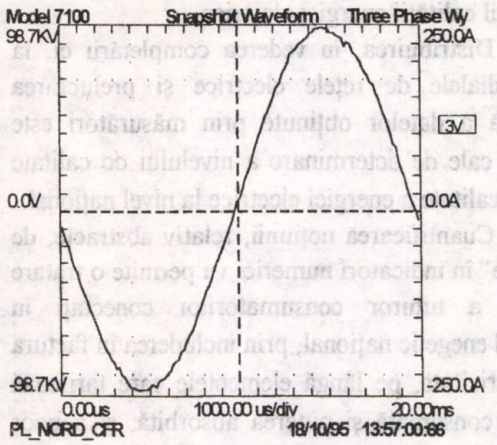


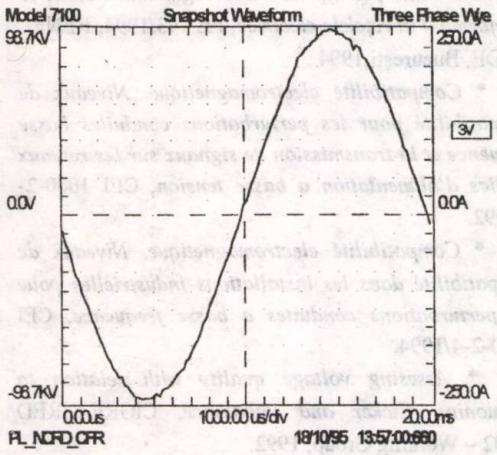
Fig. 6. Amplitudine tensiune reziduală funcție de durată gol.

- Pentru regimul deformant, prezentăm în continuare datele obținute din măsurătorile pe nivelul 110 kV, în stația Ploiești Nord 110/27,5/20/6 kV. Informațiile achiziționate cu aparatul specializat BMI 7100 apar sub forma prezentată în figura 7.



Distortion: THD=1.51% Odd=1.32%
Harmonics:

1 = 100.00%	17 = 0.10%	33 = 0.13%	49 = 0.16%
3 = 0.83%	19 = 0.15%	35 = 0.05%	
5 = 0.70%	21 = 0.05%	37 = 0.08%	
7 = 0.37%	23 = 0.05%	39 = 0.19%	
9 = 0.07%	25 = 0.15%	41 = 0.05%	
11 = 0.24%	27 = 0.07%	43 = 0.03%	
13 = 0.38%	29 = 0.07%	45 = 0.03%	
15 = 0.08%	31 = 0.06%	47 = 0.19%	

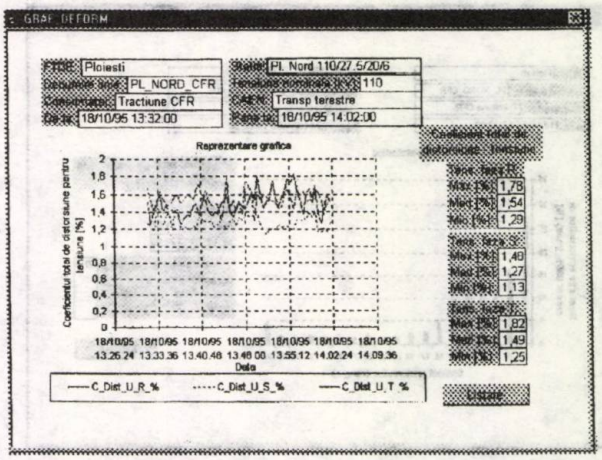


Distortion: THD=1.51% Odd=1.32% Even=0.73%
Harmonics:

1=100.00%	17=0.10%	33=0.13%	49=0.16%
3=0.83%	19=0.15%	35=0.05%	
5=0.70%	21=0.05%	37=0.08%	
7=0.37%	23=0.05%	39=0.19%	
9=0.07%	25=0.15%	41=0.05%	
11=0.24%	27=0.07%	43=0.03%	
13=0.38%	29=0.07%	45=0.03%	
15=0.08%	31=0.06%	47=0.19%	

Fig.7. Analiza armonică a tensiunii şi curentului.

Prin prelucrarea în baza de date s-a obținut reprezentarea grafică a coeficienților de distorsiune (pentru tensiune, respectiv pentru curent) (fig. 8), iar prelucrarea statistică a acestor rezultate este prezentată în figura 9, respectiv figura 10.



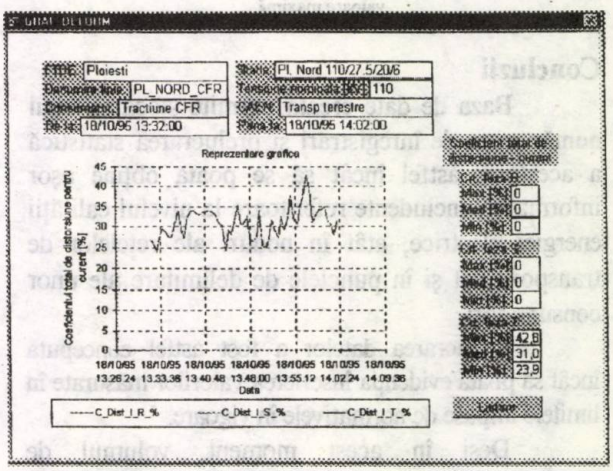


Fig. 8. Evoluția în timp a coeficientului total de distorsiune, pentru tensiune şi curent.

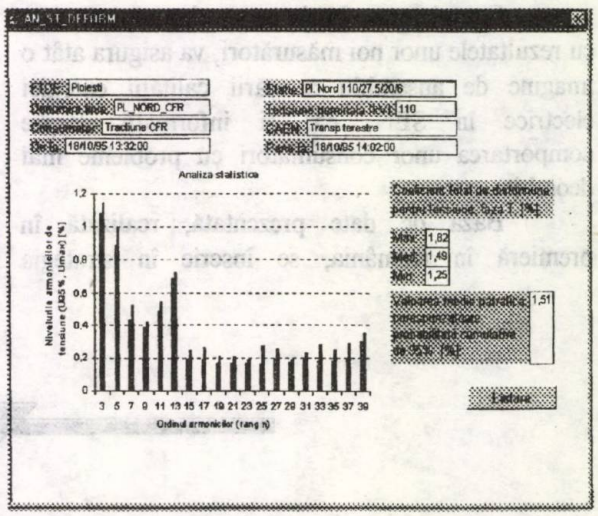


Fig. 9. Nivelurile armonicilor de tensiune, exprimate ca CP 95% şi valoare maximă .

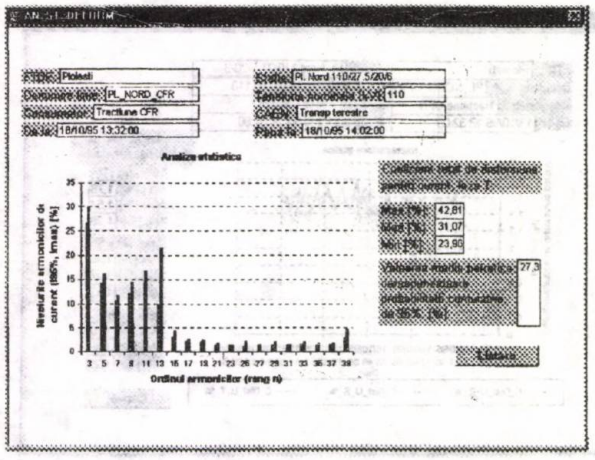


Fig. 10. Nivelurile armonicilor de curent, exprimate ca CP 95% şi valoare maximă.

Concluzii

Baza de date creată permite stocarea unui număr mare de înregistrări şi prelucrarea statistică a acestora, astfel încât să se poată obţine uşor informaţii concludente referitoare la nivelul calităţii energiei electrice, atât în noduri ale reţelelor de transport, cât şi în punctele de delimitare ale unor consumatori.

Prelucrarea datelor a fost astfel concepută încât să poată evidenţia înscrierea valorilor măsurate în limitele impuse de normativele în vigoare.

Deşi în acest moment, volumul de informaţii nu este prea mare, s-a putut obţine deja o serie de rezultate care prezintă interes, în special pentru furnizorul de energie electrică.

Completarea, în timp, a volumului de date cu rezultatele unor noi măsurători, va asigura atât o imagine de ansamblu a stării calităţii energiei electrice în SEN, cât şi informaţii despre comportarea unor consumatori cu probleme mai deosebite.

Baza de date prezentată, realizată în premieră în România, se înscrie în strategia RENEL, autoritatea energetică naţională, în domeniul calităţii energiei electrice.

Distribuirea, în vederea completării ei, la toate filialele de reţele electrice şi prelucrarea statistică a datelor obţinute prin măsurători este singura cale de determinare a nivelului de calitate sau noncalitate a energiei electrice la nivel naţional.

Cuantificarea noţiunii, relativ abstracte, de "calitate" în indicatori numerici va permite o tratare corectă a tuturor consumatorilor conectaţi în sistemul enegetic naţional, prin includerea în factura de electricitate, pe lângă elementele care tarifează energia consumată şi puterea absorbită, şi a unor bonificaţii, respectiv componente punitive pentru consumatori, în funcţie de gradul de participare la nivelul de calitate al acestui bun: energia electrică.

BIBLIOGRAFIE

[1] * * * *Tensiuni standardizate de CEI, SR CEI 38+A1 / 1997.*

[2] * * * *Normativ privind limitarea regimului nesimetric şi deformant în reţelele electrice*, PE 143/1994, RENEL - CIDE, Bucureşti,1994 .

[3] * * * *Compatibilité electromagnetique. Niveaux de compatibilité pour les perturbations conduites basse frequence et la transmission de signaux sur les reseaux publics d'alimentation a basse tension*, CEI 1000-2-2/1992.

[4] * * * *Compatibilité electromagnetique. Niveaux de compatibilité dans les installations industrielles poue les perturbations conduites a basse frequence*, CEI 1000-2-4/1994.

[5] * * * *Assesing voltage quality with relation to harmonics, flicker and unbalance*, CIGRE/CIRED CC02 – Working Group, 1992.

Referent: prof. dr. ing. Nicolae Golovanov-Facultatea de Energetică - UPB

(Primit la 10 septembrie 1997, acceptat la 29 septembrie 1997)

TARIFELE PENTRU ENERGIA ELECTRICĂ ÎN ROMÂNIA ÎN ANII 1990 - 1996

În lucrarea [1] a fost prezentată evoluţia concepţiei asupra tarifelor pentru energia electrică în România în perioada de 40 de ani, care a început cu naţionalizarea mijloacelor de producţie, în anul 1948, şi a luat sfârşit odată cu prăbuşirea regimului totalitar, în decembrie 1989. În prezenta lucrare se încearcă prezentarea situaţiei tarifelor pentru energia electrică în România în cei peste 6 ani de evoluţie social - economică în direcţia economiei de piaţă, în perioada denumită în mod obişnuit de tranziţie.

Trebuie subliniat că în perioada cuprinsă în examinare, cu excepţia unor decizii ezitante şi contradictorii luate în primul an de după schimbarea petrecută în decembrie 1989, sistemul tarifar utilizat a fost, în general, acelaşi din perioada anterioară; au fost supuse modificărilor numai valorile parametrilor tarifari, datorită evoluţiei monedei naţionale, supusă unui proces de inflaţie accentuată.

Prevederile privind preţul energiei electrice pentru consumul final al populaţiei (denumit în mod obişnuit în România consum casnic) au fost - ca şi în perioada anterioară - separate de prevederile analoage privind consumurile de alte tipuri : productiv (industrial, agricol), pentru servicii. Ca urmare şi în această lucrare ele vor fi examinate separat.

Reglementări privind consumul casnic

În întreaga perioadă examinată, preţul pentru electricitatea consumată de populaţie a fost în permanenţă mai mic decât costul real al electricităţii. Preţul de vânzare, stabilit de fiecare dată de către organele puterii executive (la început - un Decret-Lege, apoi hotărâri ale guvernului, începând din anul 1995 - Notele de negociere ale preţului între Ministerul Finanţelor, Ministerul Industriilor şi RENEL), fiind inferior costurilor, diferenţele au fost acoperite prin majorarea preţului la celelalte categorii de consum.

Primul act normativ de după 22 decembrie 1989, ce reglementează preţul plătit de populaţie pentru electricitatea consumată, a fost Decretul - Lege nr.3 din 28 decembrie 1989 [2]. Acesta prevedea două decizii, cu aplicabilitate de la 1 ianuarie 1990:

- desfiinţarea cotelor de energie electrică şi a altor restricţii existente în perioada anterioară, care priveau consumul populaţiei ;
- stabilirea unui preţ unic, de 0,65 lei/kWh, pentru consumul populaţiei.

În continuare, preţul plătit de populaţie pentru electricitate a fost de tip monom simplu (un singur preţ unitar pentru orice consum). Valorile pe care acest preţ le-a luat în perioada examinată sunt prezentate în tabelul 1. În acelaşi tabel este prezentat şi cursul oficial al dolarului în momentul introducerii preţului, precum şi preţul real al electricităţii, în cenţi SUA/kWh.

Tabelul 1

Preţuri pentru electricitatea consumată de populaţie 1990 - 1996

				Preţul	
Actul normativ	Data emiterii	Data intrării în vigoare	Cursul lei/$	[lei/kWh]	[cenţi SUA/kWh]
Decret lege nr.3	28.12.1989	01.01. 1990	21	0,65	3,10
H.G. nr.221	30..04.1992	05.05.1992	180	3,70	2,06
H.G. nr.498	31.08.1992	01.09.1992	360	6,0	1,67
H.G. nr.179	24.04.1993	01.05.1993	600	28,0	4,67
Notă negociere nr.9291	04.04.1994	05.04.1994	1650	40,0	2,42
Notă negociere nr.387	18.05.1995	05.06.1995	1900	46,0	2,42
Notă negociere nr. 452	01.07.1996	02.07.1996	3000	73,0	2,43

Pentru comparaţie, în tabelul 2 sunt prezentate preţurile practicate pentru consumul populaţiei în câteva ţări din Europa, în cenţi/kWh.

Tabelul 2

Preţuri practicate în diferite ţări pentru electricitate livrată consumatorilor casnici

Ţara	Data valabilităţii preţului	Preţ [Cenţi SUA/kWh]
Polonia [1]	01.01.1994	4,62
Cehia [1]	01.01.1994	3,14
Slovacia [1]	01.01.1994	2,87
Ungaria [1]	01.01.1994	4,47
Slovenia [1]	01.01.1994	6,30
Austria [2]	1992	17,1
Belgia [2]	1992	17,6
Finlanda [2]	1992	9,4
Franţa [2]	1992	15,4
Italia [2]	tr.IV 1993	13,9
Germania [1]	tr.IV 1993	16,7
Turcia [2]	tr.I 1994	9,9
Grecia [2]	1992	12,2

Sursa :

[1] Prices of Electricity as at January 1, 1994. UNIPEDE, Paris, martie 1994;

[2] Energy Prices & Taxes, IEA Statistics OECD / IEA, Paris 1994.

Decizia de a subvenţiona consumul de electricitate al populaţiei pe seama celorlalţi consumatori are multiple implicaţii economice. Unele dintre acestea, împreună cu evaluări cantitative corespunzătoare, vor fi examinate la capitolul referitor la tarifarea celorlalte consumuri (în afara celui casnic). Aici ne mărgim a sublinia următoarele :

de peste 6000 kWh/an, în următoarele etape acest nivel de consum reducându-se treptat. În tabelul 3 sunt prezentaţi parametrii sistemului tarifar monom diferenţiat pentru consumul casnic, aşa cum au fost prezentaţi în anexele la Notele de negociere corespunzătoare.

Tabelul 3

Tarife alternative pentru electricitatea livrată consumatorilor casnici

Valori, în lei/kWh

Nr. crt.	Tipul tarifului	Domeniu de aplicare	Nota de negociere		
			Nr.9291/ 05.04.1994	Nr.387 05.06.1995	Nr.452/ 02.07.1996
1	Monom simplu		40	46	73
2	Monom diferenţiat	2.1. Consum realizat între orele 6-22, luni-vineri	49	58	92
		2.2. Consum realizat între orele 22-6, luni-vineri şi în zilele de sâmbătă şi duminică	20	34	38

Subvenţionarea de către stat a consumului de electricitate al păturilor celor mai defavorizate ale populaţiei este o practică răspândită. Ea pleacă de la constatarea că aceasta subvenţionare stimulează pătrunderea electricităţii în partea săracă a societăţii, determinând un progres accelerat al acesteia - este stimulată activitatea de instruire, se uşurează accesul la mijloacele de informare audio - vizuală şi deci la cultură.

În România, această subvenţionare a fost făcută fără discriminare, atât pentru populaţia cu potenţial economic nesatisfăcător, cât şi pentru marii bogătaşi, menţinând (poate chiar accentuând) discrepanţele sociale, nu pe seama banului public (pentru că subvenţia nu vine de la bugetul statului), ci a consumatorilor de electricitate productivi. Considerăm că acest gen de subvenţionare, departe de a obţine efecte de sprijin social ce pot fi evaluate cantitativ, este contraproductiv. Ca urmare, apreciem că este cazul ca modul actual de subvenţionare acoperită (mascată) a consumului populaţiei (specialiştii îl denumesc subvenţionare încrucişată) să fie reconsiderat, eliminându-se componenta de populism ieftin care l-a generat.

În alternativă cu preţul unic (monom simplu) pentru electricitatea livrată populaţiei, începând cu 05.04.1994, pentru consumul populaţiei se aplică şi un sistem de preţuri monom diferenţiat după orele de consum. Deşi în Notele de negociere sau în anexele la acestea nu sunt prevăzute condiţiile de utilizare a acestui sistem tarifar, reglementări interne ale RENEL prevăd că acest sistem se introduce "la cererea consumatorilor", la abonaţi casnici cu consumuri ridicate de electricitate : în prima etapă la abonaţi cu consumuri

Pentru examinarea comparativă a valorilor cuprinse în tabelul 3, se calculează cotele din consumul unui abonat în perioada de zi, în zilele lucrătoare şi în perioadele de noapte, pentru care factura ar fi egală cu factura pentru tariful normal (monom simplu), la acelaşi consum total* . În cele trei situaţii diferite apărute, raportul cantităţilor de electricitate (2,1/2,2), pentru care preţul mediu este egal cu cel al cazului monom simplu (1), este:

Nota de negociere nr...	9291	387	452
Raport de energii (2,1/2,2)	2,222	1	1,842

Semnificaţia valorilor raportului citat este următoarea : pentru ca un consumator să fie interesat în folosirea tarifului monom diferenţiat, el trebuie să consume în perioadele de gol cel puţin 1/2,222 = 0,45 din consumul în perioadele de zi din zilele lucrătoare, în cazul NN 9291.

Raportul între cele două cote este 2,222, (respectiv, pentru NN387 - o cantitate cel puţin egală cu cea din orele de zi din zilele lucrătoare, iar pentru NN 452 - o cantitate de cel puţin 0,543 din cea consumată în orele de zi din zilele lucrătoare).

Cum consumatorii casnici din România prezintă în perioada actuală o structură de consum inaptă a permite transferuri majore din partea de zi în cea de noapte, ori din timpul săptămânii la sfârşitul

* Notând cu x cota din consum aferentă perioadei de zi (x<1), putem scrie relaţia (pentru prima Notă de negociere): 0 = 49 x + 20 (1-x), de unde rezultă : x = 0,6897, iar (1-x) = 0,3103

acesteia** , nu considerăm că sistemul recomandat în alternativă poate găsi o audienţă cât de cât semnificativă. Acest punct de vedere este confirmat şi de numărul consumatorilor ce au optat pentru acest sistem - număr care nu depăşeşte în prezent câteva sute de abonaţi (dintr-un total de circa 7,4 milioane).

Singura categorie de consumatori casnici, care au avantaje din trecerea la tariful casnic monom diferenţiat, pare a fi cea a posesorilor de reşedinţe secundare (vile de vacanţă), pe care le folosesc cu precădere la sfârşitul săptămânii.

Reglementări privind consumul productiv de electricitate*

Ultima reglementare tarifară anterioară anului 1990, privind această categorie de consumatori, a fost cuprinsă în Decretul Consiliului de Stat nr.232/1982; prevederile acestui Decret au intrat în vigoare la 1 iulie 1982 [1] şi au constat în diferenţierea preţurilor electricităţii în trei grupe, după nivelul tensiunii de alimentare. Pentru fiecare din cele trei grupe se prevedeau trei tipuri de tarife posibile, în funcţie de mărimea consumatorilor şi disponibilităţile de aparataj de măsură adecvat :

A. Tarif binom (putere şi energie) diferenţiat pe două zone ale zilei : vârf şi rest ore.

B. Tarif monom (energie) diferenţiat după aceleaşi două zone ale zilei.

C. Tarif monom (energie) simplu (preţ unic).

Pentru consumul de energie reactivă era prevăzut un preţ monom simplu.

Cu excepţia tracţiunii electrice, încadrată de la început în tipul C de tarif, ceilalţi consumatori erau încadraţi în ordinea de priorităţi A, B, C, în funcţie de disponibilităţile de aparate de măsură. Deci consumatorul nu avea, în principiu, nici o posibilitate de alegere a sistemului de preţuri căruia îi era supus.

În afara preţurilor propriu-zise, Decretul nr.232/1982 mai conţinea prevederi privind :

- preţurile pentru electricitatea exportată (tarif monom diferenţiat pe trei zone ale zilei);
- preţurile pentru întreţinerea şi exploatarea iluminatului public;
- preţurile pentru electricitatea livrată în sistem de către consumatori;
- încadrarea consumatorilor în cele trei grupe pe niveluri de tensiune;
- penalităţi (majorări) pentru depăşirea de către consumatori a prevederilor contractelor de furnizare;
- tarifarea consumatorilor tampon ;
- modalităţile practice de aplicare a prevederilor referitoare la taxa de putere în cadrul tarifelor de tip binom.

După 22 decembrie 1989, prevederile citate mai sus au fost aplicate, fără vreo modificare, încă aproape un an, până la 1 octombrie 1990, când apare Hotărârea nr.1051 a guvernului [3] , care stabileşte, la art.1, că: " *... preţul de livrare către consumatorii din industrie, agricultură, transporturi şi alte servicii la energia electrică ... sunt următoarele: energie electrică ..... 650 lei/MWh ....*"

Aceeaşi Hotărâre a guvernului prevede, la art. 4, că: "*Preţurile în valută ale energiei electrice se stabilesc la 70 dolari / MWh.*"

Această Hotărâre a guvernului, care nici nu este foarte clar dacă s-a aplicat în realitate, a avut viaţă foarte scurtă: aproape trei săptămâni. Pe 18 octombrie 1990 apare Hotărârea nr.1109 a guvernului, care revine integral la schema tarifară a Decretului nr.232/1982, introducând o singură modificare - a valorilor preţurilor din schema de tarife, precum şi o "inovaţie": scapă din vedere lămuririle suplimentare conţinute în Decretul citat, lămuriri fără de care aplicarea tarifelor intra într-o zonă de imprecizie şi de echivoc.

Notă: În ultimii 15-20 ani înainte de 1990, preţurile şi schema lor erau aprobate personal de către şeful statului, care era un susţinător înverşunat al simplificării acestora. În perioada anterioară aprobării Decretului nr.392/1980, către sfârşitul anului 1980, la o discuţie în Comitetul Politic Executiv a propunerilor Ministerului Energiei Electrice de atunci (propuneri neaşteptat şi nejustificat de stufoase), şeful statului s-ar fi exprimat : "*Bine, mi-aţi explicat şi am înţeles că un singur preţ la energia electrică, nu se poate; dar nici să veniţi aici cu o întreagă broşură, nu se poate. Duceţi-vă şi simplificaţi-o la o pagină-două*". Şi astfel s-a născut forma conţinută în Decretul 392/1980, reprodusă apoi, practic în toate etapele de modificare intervenite până azi. Cu excepţia H.G.1051/1990,desigur, la întocmirea căreia impostura şi-a tăiat, precum se vede, o parte importantă.

** Structura pe utilizări a consumului populaţiei este în prezent în mod orientativ următoarea : refrigerare - 32%, audio-vizual - 28%, iluminat - 22%, utilizări termice - 10%, rest utilizări - 8%. Din acestea, singurele utilizări susceptibile de deplasare sunt cele termice şi cele legate de spălatul rufelor, care la un loc nu depăşesc 14% din total. Cum nu este de conceput transferarea integrală a acestor utilizări, rezultă că tariful alternativ apare util numai pentru o categorie redusă de consumatori, efectele sale reale fiind mai mult propagandistice.

*** Prin "consum productiv de electricitate" în acest articol se înţelege atât consumul productiv propriu-zis (industrial, agricol), cât şi consumul pentru orice alte activităţi umane (servicii, activităţi social-culturale), cu excepţia consumului final pentru necesităţi de locuit - consumul casnic.

De la 1 noiembrie 1990 şi până azi preţurile pentru electricitate au suferit 12 modificări, aşa cum se poate observa din tabelul 4.

de unde în perioada dinainte de 1989 consumul se realiza cu precădere la înaltă tensiune, consumul la joasă tensiune reprezentând în acea perioadă

Tabelul 4

Evoluţia preţului electricităţii în perioada 1990 - 1996 în România

Nr. crt.	Act normativ de aprobare	Nota de negociere		Data intrării în vigoare	Preţ mediu preliminar [lei/MWh]	Creşterea faţă de situaţia anterioară [%]	Preţul lei/$ la care se referă	Preţ mediu preliminat [cSUA/kWh]
		nr.	data					
1	H.G. 1109	-	-	01.11.90	1458,7	224,4	35	4,17
2	H.G. 1355	-	-	01.01.91	1458,7	-	35	4,17
3	H.G. 239	-	-	01.04.91	2200	150,8	60	3,67
4	H.G. 464	-	-	11.07.91	3000	136,4	60	5
5	H.G. 776	1738	15.11.91	15.11.91	9500	316,7	180	5,28
6	H.G. 412	1941	15.10.92	15.10.92	16800	176,8	360	4,67
7	H.G. 179	2495	03.05.93	10.05.93	25640	152,6	600	4,27
8	H.G. 206	2813	02.08.93	02.08.93	34100	133	800	4,26
9	-	3082	01.11.93	01.11.93	40800	119,6	955	4,27
10	-	3209	13.12.93	15.12.93	47000	115,2	1100	4,27
11	(H.G.45)	9241	04.04.94	05.04.94	70000	148,9	1650	4,24
12	-	387	18.05.95	05.06.95	80600	115,1	1900	4,24
13	-	452	01.07.96	02.07.96	127300	158	3000	4,24

Este de remarcat că toate aceste modificări se bazează pe hotărâri ale guvernului, care sunt acte de administraţie, fără putere legislativă; prima hotărâre, nr.1051/1990, emisă, probabil, sub imperiul romantismului revoluţionar, stipula la art.6 : *"Prevederile contrare prezentei hotărâri se abrogă"*, scăpând din vedere faptul că prevederile tarifare anterioare erau aprobate printr-un act legislativ - Decretul Consiliului de Stat nr.232/1982 - act ce nu fusese abrogat în mod legal de puterea legislativă a momentului.

Următoarele hotărâri ale guvernului şi Notele de negociere ce au urmat şi-au propus obiective mai modeste - să modifice valorile preţurilor electricităţii, în ritm cu deprecierea valorii leului, fără a modifica, în fond, schema tarifară stabilită prin Decretul nr. 232/1982, care a fost restabilită prin H.G.nr.1109/1990 şi apoi menţinută nemodificată. Această schemă a rămas nemodificată şi după ce - prin Legea nr.1/1992 [4] - Decretul nr. 232/1982 a fost abrogat.

În perioada examinată de lucrarea de faţă, consumul de electricitate în România a suferit modificări semnificative, generate, în principal, de schimbările majore intervenite în economia ţării. Din punctul de vedere al preţului pe care consumatorii îl plătesc, aceste modificări majore au un impact esenţial. După cum se vede din datele prezentate în tabelul 5, odată cu reducerea importantă a nivelului consumului total de electricitate s-a modificat şi structura acestui consum: circa 15% din total, în prezent structura consumului a alunecat către tensiuni mai mici, la joasă tensiune fiind absorbită peste 30% din electricitatea vândută. Apare, deci, normal ca raporturile dintre preţurile la înaltă, medie şi joasă tensiune să fie substanţial modificate. ****

Din calculele efectuate asupra valorilor preţurilor, conţinute în suita de 12 acte normative (valori ce sunt prezentate, în anexă) rezultă următoarele concluzii:

a. Din 12 modificări ce au avut loc în, practic, opt cazuri noile valori au fost obţinute prin multiplicarea precedentelor cu coeficientul mediu de creştere a preţului stabilit. Prin acest procedeu, structura preţurilor a rămas nemodificată.

b. În celelalte patru cazuri, au apărut modificări în structura preţurilor, atât în ceea ce priveşte valoarea relativă a preţului între tensiuni (vezi tabelul 6), cât şi în ceea ce priveşte valoarea diferiţilor parametri de preţ la aceeaşi tensiune.

**** Diferenţierea preţurilor pe tensiuni este dată de raportarea masei de cheltuieli aferente fiecărui nivel de tensiune la energia vehiculată prin acest nivel. Cum masa de costuri adăogate pe tensiuni este, în principal, constituită din costuri convenţional constante, acestea se schimbă abia perceptibil în timp. Schimbarea majoră a ponderilor livrărilor de electricitate duce la schimbări importante în structura preţurilor.

c. Examinarea modificărilor în structura preţului pe tensiuni (tabelul 6) şi compararea acestora cu modificările în structura consumului (tabelul 5) arată că preţurile nu au urmărit cu rigurozitate variaţiile structurii consumului; transferurile de sarcini financiare, cele mai sesizabile, sunt între clienţii de la joasă şi medie tensiune (care plătesc mai mult) şi cei alimentaţi la înaltă tensiune, cărora le revin facturi ceva mai mici (în particular începând din anul 1993). În afara elementelor descrise mai sus, începând din 15 noiembrie 1991 (în baza Notei de negociere nr.1738/15.11.1991) a fost introdusă o noutate: un sistem de preţuri binom, cu taxă pentru puterea contractată şi preţ pentru energia electrică absorbită.

Tabelul 5

Dinamica livrărilor de electricitate şi structura acestora în perioada 1990 - 1995

	UM	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Total vânzări	TWh	57,86	47,71	40,51	40,49	38,11	44,32
Din care:							
- la înaltă tensiune	TWh	30,56	18,43	9,95	10,56	10,02	14,27
	%	52,8	38,6	24,6	26,1	26,3	32,2
- la medie tensiune	TWh	18,18	16,49	16,72	16,64	15,59	16,51
	%	31,4	34,6	41,2	41,1	40,9	37,2
- la joasă tensiune	TWh	9,12	12,79	13,84	13,29	12,5	13,54
	%	15,8	26,8	34,2	32,8	32,8	30,6

Tabelul 6

Nr crt.	Actul normativ	Preţuri medii pe tensiuni, valori relative		
		înaltă tensiune	medie tensiune	joasă tensiune
	Decret 232/1992	1	1,275	1,875
2	H.G. 1109/1990 (H.G. 1355/1990)	1	1,2	1,833
3	H.G. 239/1991 (NN 2067/1991)	1	1,2	1,456
4	H.G.464/1991	1	1,179	1,429
5	H.G. 776/1991 (NN 1738/1991)	1	1,18	1,427
6	H.G. 412/1992 (NN 1342/1992)	1	1,178	1,433
7	H.G. 179/1993 (NN 2496/1993)	1	1,096	1,167
8	H.G. 206/1993 (NN 2813/1993)	1	1,095	1,167
9	NN 3082/1993	1	1,178	1,433
10	NN 3209/1993	1	1,177	1,431
11	H.G. 45/1994 (NN 9291/1994	1	1,176	1,431
12	NN 387/1995	1	1,177	1,432
13	NN 452/1996	1	1,177	1,431

Documentul care clarifică condiţiile de utilizare a acestui nou tarif - instrucţiunile de tarifare a consumului de energie electrică, emise de DGTDEE - RENEL cu nr.65145/19.02.1992 - arată că: "*La aceşti consumatori* (cei la care se aplică sistemul - NN) *trebuie să fie instalate echipamente de măsurare cu un singur cadran pentru energie, precum şi limitator de putere maximă contractată.*" În contradicţie cu aceasta, trei alineate mai jos se arată: "*Puterea cerută şi contractată, în cazul consumatorilor care nu au încă montat limitatorul de putere, se va verifica de furnizor, . . .* ".

Ca urmare, până în prezent, deşi acest sistem de preţuri este în vigoare, numărul limitatoarelor de putere maximă absorbită instalate nu depăşeşte o sută.

În tabelul 7 sunt prezentate valorile în evoluţie ale preţurilor stabilite prin acest nou tarif introdus. Trebuie spus că din instrucţiunile de aplicare citate mai sus nu rezultă care este domeniul de aplicabilitate al acestui tarif (cărei categorii de consumatori i se atribuie). Abia în 1994, o altă instrucţiune de tarifare a DGTDEE (despre care se va vorbi în continuare), încearcă să clarifice - cu succes discutabil - această lacună. Situaţia este cu atât mai neclară, cu cât sistemul de preţuri în vigoare este astfel conceput încât abonatul să nu aibă nici un cuvânt de spus în alegerea sistemului de preţuri care i se aplică. Sistemul de preţuri, conceput pe vremea în care statul monopoliza toate activităţile economice (şi nu numai), era astfel gândit şi calculat, încât încadrarea fiecărui abonat să fie făcută de reprezentantul statului - furnizorul, iar încasările medii să fie aceleaşi pe oricare din grupele tarifare aparţinând aceluiaşi nivel de tensiune.

Pentru a produce o anumită clarificare în rolul şi rostul noului sistem introdus, în tabelul 7 se indică şi durata de utilizare a puterii maxime pentru care preţul mediu anual plătit de abonat în cadrul noului tarif este egal cu cel plătit în tariful monom simplu (durate de utilizare mai mici duc la preţuri mai mari, durate mai mari - la preţuri mai mici decât preţul monom simplu). Analiza evoluţiei duratelor prezentate în tabelul 7 arată că acest tarif obligă marea majoritate a consumatorilor cărora le este aplicat, la plăţi suplimentare pentru electricitatea consumată. Acest lucru este valabil pentru preţul avansat în anul 1991 (când durata de utilizare corespunzând preţului echivalent cu cel al tarifului monom simplu depăşea durata calendaristică anuală !), dar este practic valabil pentru toţi consumatorii de joasă tensiune şi pentru imensa majoritate a celor de medie tensiune. Dacă coroborăm această constatare cu cea a neintroducerii dispozitivelor de limitare a puterii absorbite, ne dăm seama că, de fapt, introducerea acestui nou sistem de preţ . . . deschide larg uşa necinstei, sau, cum ne place să vorbim azi, corupţiei. În adevăr, în lipsa posibilităţii de a măsura (sau a limita !) puterea maximă absorbită, este foarte simplu să declari o putere foarte redusă (deci taxă mică pentru putere) şi

să te asiguri că personalul de control ("cointeresat" corespunzător) va "scăpa" din vedere discrepanţa.

Tabelul 7

Evoluţia parametrilor sistemului de tarife binom simplu (pentru puteri contractate)

Nr. crt.	Actul normativ	Joasă tensiune			Medie tensiune			Înaltă tensiune		
		Preţuri		Durata de utilizare	Preţuri		Durata de utilizare	Preţuri		Durata de utilizare
		[lei/kW.an]	[lei/kWh]	[ore/an]	[lei/kW.an]	[lei/kWh]	[ore/an]	[lei/kW.an]	[lei/kWh]	[ore/an]
1	H.G. 776/1991 (NN 1738/1991)	28884	9,5	9026	24060	7,9	9254	20052	6,9	10026
2	H.G. 412/1992 (NN 1942/1992)	28884	16,8	5067	24060	14	5347	20052	12,2	5729
3	H.G. 179/1993 (NN 2496/1993)	37560	21,9	6157	34800	20,3	5800	31080	18,9	6094
4	H.G. 206/1993 (NN 2813/1993)	66840	27	5479	62928	25,8	5721	58968	24,5	6480
5	NN 3082/1993	76548	44,5	5069	63756	37,1	5358	53136	32,3	5714
6	NN 3209/1993	89556	52,1	5088	74592	43,4	5366	62172	37,8	5704
7	H.G. 45/1994 (NN 9291/1994)	134334	78,2	5088	111888	65,1	5353	93258	56,7	5686
8	NN 387/1995	154686	90	5088	128844	75	5369	107388	65,3	5712
9	NN 452/1996	244404	142,2	5092	203568	118,5	5371	169668	103,2	5713

Notă: Durata de utilizare este calculată din condiţia ca preţul plătit pentru factura în tarif binom să fie egal cu cel plătit în tarif monom simplu (v. anexa).

În sfârşit, încă o completare a actualului sistem de preţuri pentru electricitate a apărut odată cu Nota de negociere nr.1942/15.10.1992, sub forma unor tarife de tip monom diferenţiat, oferite abonaţilor de toate tensiunile, în alternativă la tarifele normale. Aceste tarife, două la număr (denumite E_1 şi E_2), oferă un preţ redus pentru consumul de noapte (între orele 22-6), majorând însă - în raport cu tariful monom simplu - preţul pentru consumul din perioada de zi (orele 6-22). Diferenţa dintre cele două tarife constă în următoarele : în tariful de tip E_1, preţul de noapte se aplică integral sfârşitului de săptămână, de vineri orele 22 până luni la orele 6, pe când în tariful E_2, consumul de zi (orele 6-22) în zilele de vineri, sâmbătă şi duminică este tarifat ca şi în zilele lucrătoare.

Ambele tarife, dar în mod special tariful tip E_1, favorizează consumatorii cu activitate continuă (denumiţi odinioară, în mod impropriu, "consumatori cu foc continuu"), creând stimulente materiale pentru atragerea de consumuri în zona descărcată a curbei de consum pe sistem. Prin aceasta furnizorul urmăreşte încărcarea anumitor segmente ale curbei de consum, ceea ce duce la sporirea eficienţei funcţionării sistemului.

Valorile stabilite pentru plata energiei în perioada de zi şi în perioada de noapte prin toate notele de negociere, începând din 15 octombrie 1992, ne permit să evaluăm avantajele pe care aceste două sisteme de preţuri le oferă clienţilor - consumatori. Astfel, luând drept referinţă din nou tariful monom simplu, constatăm că valoarea medie a unei kWh în tariful tip E_1 se regăseşte dacă ponderea energiei consumate între orele 6-22 în zilele de lucru este de circa 46-49 % din întregul consum, în timp ce pentru tariful tip E_2 această pondere (de data aceasta, în toate zilele săptămânii) este de aproximativ 66,7%. In ambele cazuri este evident că egalitatea cu tariful monom simplu se obţine numai dacă puterea medie absorbită este constantă în tot cursul perioadei. Consumatorii care absorb ziua mai mult decât valorile indicate nu au nici un interes să se orienteze către tarifele E_1 şi E_2, deoarece prin această trecere creşte valoarea facturii pentru consumul realizat. Probabil că acesta este unul din principalii factori ce au influenţat opţiunile clienţilor, deoarece se constată că utilizarea tarifelor de tip E_1 şi E_2 este un fapt cu totul excepţional : energia tarifată cu tariful E_1 a reprezentat în 1995 doar circa 1,6 la mie din consumul facturat, iar cea tarifată cu E_2 - 0,6 la mie din consumul facturat consumatorilor de medie tensiune (numai la această tensiune au fost opţiuni pentru tarifele E_1 şi E_2). In primul semestru al anului 1996 au apărut şi opţiuni la consumatorii de joasă tensiune, iar consumurile tarifate cu tarifele E_1 şi E_2 au reprezentat ponderile indicate în tabelul 8.

Tabelul 8

Ponderile tarifelor tip E1 şi E2 în total energie facturată, semestrul I 1996

Tip tarif	Medie tensiune	Joasă tensiune
E1	0,4	0,84
E2	0,3	1,57

Rămâne de clarificat o problemă : de unde vine subvenţia care - aşa cum s-a văzut în prima parte a prezentului articol - este acordată consumului casnic.

În tabelul 9 este prezentată situaţia relativă a preţurilor celor două grupe de consumuri care se realizează la nivelul de tensiune sub 1 kV - tensiunea

joasă : consumul populaţiei şi consumul productiv (al agenţilor economici). Se observă că preţul plătit de populaţie este, de regulă, mai mic decât cel plătit de ceilalţi consumatori la joasă tensiune; diferenţa de încasări a fost în anul 1995 de ordinul a 515,2 miliarde lei. Această diferenţă reprezintă aproximativ 14% din totalul încasărilor anuale prezumate în baza Notei de energie nr.387/1995 : circa 3572,2 miliarde lei*****.

În mod normal, această diferenţă ar fi trebuit suportată de la bugetul statului - dacă subvenţia este considerată necesară -, la ea trebuie să participe toţi contribuabilii, fără discriminare. In fapt însă, bugetul nu participă la subvenţionare, aceasta fiind suportată prin majorarea preţului plătit de ceilalţi consumatori de electricitate. Astfel, se introduce o nouă sursă de inechitate în stabilirea preţurilor electricităţii pentru consumatori, alţii decât cei casnici.

Din tabelul 9 se poate observa că politica de subvenţionare a consumului populaţiei a suferit modificări importante în perioada examinată : până în 1993, subvenţia a fost în mod repetat amplificată, în 1993 (Nota de negocieri nr.2496/1993) a fost formal eliminată, pentru ca în continuare să reapară, accentuându-se. Aceasta, în pofida angajamentului internaţional asumat, de a lichida până în 1999 subvenţionarea consumatorilor.

După cum s-a mai arătat, sistemul de preţuri în vigoare în prezent provine din sistemul de preţuri aprobat prin Decretul nr.392/1980, cu unele completări efectuate pe parcurs, în anii 1991 şi 1992 (introducerea unui tarif binom simplu cu taxă pentru puterea contractată şi a tarifelor tip E_1 şi E_2).

Până la decembrie 1989 sistemul tarifar utilizat era - corespunzător sistemului economic socialist în care era aplicat - astfel construit încât fiecare abonat primea un anumit tarif precis determinat de circumstanţe pe care le influenţa numai furnizorul. Pe scurt, alegerea tarifului pentru fiecare abonat o făcea furnizorul, pe baza unor reglementări aprobate prin acte normative (Decret al Consiliului de Stat).

Care a fost situaţia, din acest punct de vedere, după 1989 şi care este situaţia în prezent ?

Deşi în economia de piaţă, egalitatea în drepturi a celor două părţi contractante ale alimentării cu electricitate - furnizorul şi clientul - ar trebui să se manifeste şi prin acordarea de libertăţi mai largi pentru client (printre care şi libertatea de a-şi alege singur sistemul de preţuri pe care îl preferă, dintr-o gamă largă de prestaţii oferită de furnizor), în prezent alegerea sistemului de preţuri tot furnizorul o face; pentru salvarea aparenţelor, au fost introduse unele sisteme de preţuri pe care clientul le-ar putea solicita, dar care - s-a văzut - nu au atras până acum preferinţele acestuia. De altfel, instrucţiunea de aplicare a preţurilor azi în vigoare nu precizează cine alege tariful, ci expediază în mod eufemistic problema: *"Art.15(2). In funcţie de specificul activităţii, pentru diferite categorii de consumatori se recomandă anumite tipuri de tarife. Aplicarea acestora conduce la realizarea unui preţ mediu convenabil pentru consumator, iar pentru furnizor la optimizarea producţiei şi transportului energiei electrice, deci, la realizarea unui cost de producţie minim."*

Tabelul 9

Subvenţionarea preţurilor pentru populaţie

Preţuri, lei/kWh

Nr. crt.	Actul normativ	Preţ mediu	Preţ monom simplu (joasă tensiune)	Preţ pentru populaţie	Raport (5)/(4)
1	H.G.1109/1990 (H.G.1355/1990)	1,459	2,2	0,65	0,295
2	H.G.239/1991 (NN 2087/1991)	2,2	2,84	0,65	0,229
3	H.G.464/1991	3,0	4,0	0,65	0,163
4	H.G.776/1991 (NN1738/1991)	9,5	12,7	0,65	0,051
5	H.G.412/1992 (NN 942/1992)	16,8	22,5	3,70 (6,0)	0,164 (0,267)
6	H.G. 179/1993 (NN 496/1993)	25,64	28,0	28,0	1,0
7	H.G. 206/1993 (NN 813/1993)	34,1	39,2	28,0	0,714
8	NN 3082/1993	40,8	59,6	28,0	0,47
9	NN 3209/1993	47,0	69,7	28,0	0,402
10	H.G. 45/1994 (NN 291/1994)	70,0	104,6	40,0	0,382
11	NN 387/1995	80,6	120,4	46,0	0,382
12	NN 452/1996	127,3	190,2	73,0	0,384

În prezent, încadrarea fiecărui client - consumator într-un sistem de preţuri, din cele convenite prin Notele de negociere menţionate, are loc în conformitate cu Instrucţiunea OU-I-203-94, aprobată de directorul general al Direcţiei Generale de Transport şi Distribuţie a Energiei Electrice din RENEL la 01.02.1994.

***** Calculele sunt orientative : datele de livrări de electricitate sunt cele realizate efectiv, preţurile - cele cuprinse în Nota de negociere nr.387/1995.

În perioada actuală, în conformitate cu unele angajamente internaţionale asumate de Guvernul României, modificarea preţurilor pentru electricitate poate avea loc cel mult o dată pe an. Dacă până acum această modificare a avut loc numai cu scopul de a readuce preţurile la noile niveluri ale cursului de schimb internaţional al monedei naţionale, masa de clienţi ai furnizorului de electricitate din România este acum îndreptăţită să aştepte mai mult decât atât: o schimbare profundă a relaţiilor tarifare între producător şi consumatorul de electricitate, în care dreptul consumatorului de a-şi promova interesele să ajungă la nivelul dreptului similar al furnizorului.

Anexă

Nr. crt.	Actul normativ	A. Tarif binom diferenţiat				B. Tarif monom diferenţiat		C. Tarif monom simplu
		Pentru putere		Pentru energie				
		[lei/kW.an]		[lei/kWh]		[lei/kWh]		[lei/kWh]
		Ore de vârf	Rest ore	Ore de vârf	Rest ore	Ore de vârf	Rest ore	
Evoluţia preţurilor pentru electricitatea livrată la înaltă tensiune (110 kV şi mai mult), în România. Perioada 1990 - 1996.								
1	Decr.232/1982	558	237	0,75	0,27	0,9	0,34	0,4
2	H.G. 1109/1990 H.G. 1355/1990)	1668	708	2,23	0,8	2,68	1,01	1,2
3	H.G. 239/1991 (NN 2087/1991)	3252	1380	3,4	1,23	4,359	1,643	1,95
4	H.G. 464/1991	4452	1920	4,65	1,7	6	2,25	2,8
5	H.G. 776/1991 (NN 1738/1991)	14820	6384	15,5	5,7	18	7,1	8,9
6	H.G. 412/1992 (NN 1942/1992)	26076	11232	27,4	10	33,5	12,5	15,7
7	H.G. 179/1993 (NN 2496/1993)	36000	22320	42,5	17,1	42,1	21,9	24
8	H.G. 206/1993 (NN 2813/1993)	68916	32820	48,8	23,2	66,9	31,8	33,6
9	NN 3082/1993	69096	29760	72,6	26,5	88,8	33,1	41,6
10	NN 3209/1993	82536	35556	86,6	31,7	106	39,5	48,7
11	H.G. 45/1994 (NN 9291/1994)	123804	53334	129,9	47,6	159	59,3	73,1
12	NN 387/1995	142560	61404	149,6	54,8	183,1	68,2	84,1
13	NN 452/1996	225240	97020	236,4	86,6	289,3	107,8	132,9
Evoluţia preţurilor pentru electricitatea livrată la medie tensiune (1 kV - 110 kV), în România. Perioada 1990 - 1996.								
1	Decr.232/1982	1185	486	0,75	0,27	1,12	0,41	0,51
2	H.G 1109/1990 (HG 1355/1990)	3528	1440	2,23	0,8	3,33	1,22	1,52
3	H.G. 239/1991 (NN 2087/1991)	5436	2220	3,44	1,234	5,136	1,882	2,34
4	H.G. 464/1991	7452	3048	4,7	1,7	7	2,6	3,3
5	H.G. 776/1991 (NN 1738/1991)	24780	10140	15,7	5,7	22,2	8,2	10,5
6	H.G. 412/1992 (NN 1942/1992)	43200	17844	27,8	10	39,2	14,5	18,5
7	H.G. 179/1993 (NN 2496/1993)	52680	25920	43,7	17,6	51,7	23,1	26,3
8	H.G. 206/1993 (NN 2813/1993)	71892	34236	51,3	24,4	73,3	34,9	36,8
9	NN 3082/1993	114480	47388	73,7	26,5	103,9	38,4	49
10	NN 3209/1993	128820	54060	92,2	33,6	124,1	45,9	57,3
11	H.G. 45/1994 (NN 9291/1994)	193230	81090	138,3	50	186,2	68,9	86
12	NN 387/1995	222504	93372	159,3	58	214,4	79,3	99
13	NN 452/1996	351552	147528	251,7	91,6	338,8	125,3	156,4
Evoluţia preţurilor pentru electricitatea livrată la joasă tensiune (sub 1 kV), în România. Perioada 1990 - 1996.								
1	Decr.232/1982	1902	774	0,97	0,26	1,64	0,59	0,75
2	H.G. 1109/1990 (HG 1355/1990)	5664	2304	2,89	0,63	4,83	1,76	2,2
3	H.G. 239/1991 (NN 2087/1991)	7296	2976	3,726	1,07	6,291	2,269	2,84
4	H.G. 464/1991	12408	5280	5,1	1,75	8,65	3,1	4
5	H.G. 776/1991(NN 1738/1991)	41268	17556	18,2	5,9	27,4	9,8	12,7
6	H.G. 412/1992 (NN 1942/1992)	72000	29196	32,1	10,4	48,4	17,3	22,5
7	H.G. 179/1993 (NN 2496/1993)	61440	29280	45,6	18,2	56,7	24,5	28
8	H.G. 206/1993 (NN 2813/1993)	75188	35796	53,8	25,6	78	37,2	39,2
9	NN 3082/1993	190800	77340	85,1	27,6	128,3	45,8	59,6
10	NN 3209/1993	204984	88176	101,7	36,9	153,3	54,8	69,7
11	H.G. 45/1994 (NN 9291/1994)	307476	132264	152,6	55,4	230	82	104,6
12	NN 387/1995	354000	152292	175,7	63,7	264,8	94,7	120,4
13	NN 452/1996	559320	240624	277,6	100,6	418,4	149,6	190,2

BIBLIOGRAFIE

[1] Costin, E. *Evoluţia sistemului de tarife pentru energia electrică în România, în anii 1950-1990.* In: Energetica, anul 38, nr. 5, mai 1990.

[2] * * * *Decret-lege privind stabilirea tarifului la energia electrică livrată populaţiei.* In: Monitorul Oficial al României, anul I, nr. 6, vineri, 29 decembrie 1989.

[3] * * * *Hotărâre privind egalizarea preţurilor de livrare a energiei electrice, energiei termice, carburanţilor şi lubrifianţilor către consumatorii din industrie, agricultură, transporturi şi alte servicii cu preţurile cu amănuntul practicate la livrarea lor către populaţie.* Nr. 1051 din 1 octombrie 1990. In: Monitorul Oficial al României, partea I, anul II, nr.111, 2 oct. 1990.

[4] * * * *Lege privind abrogarea unor acte normative. Nr.1 din 16 ian. 1992.* In: Monitorul Oficial al României, partea I, anul IV, nr. 4, luni, 20 ianuarie 1992.

[5] * * * Grupul de Transport şi Distribuţie a Energiei Electrice. " '95 - '96 ". 24 pag.

dr. ing. Emil Costin - Institutul de Studii şi Proiectări Energetice, Bucureşti

Recenzie

AURELIU LECA, **PRINCIPII DE MANAGEMENT ENERGETIC**. Bucureşti, Ed. Tehnică, 1997 p. 584

Evaluarea situaţiei prezente arată complexitatea problematicii cu care se confruntă astăzi sistemul energetic în România :

- procesul avansat de epuizare a resurselor cunoscute de ţiţei şi gaze naturale;
- probleme valutare la achiziţionarea combustibililor din import;
- dependenţa de un furnizor extern unic de gaze naturale;
- structură puternic energo-intensivă a economiei naţionale;
- eficienţă scăzută pe tot ciclul producţie - transport - distribuţie - utilizare;
- capacitate redusă de plată a consumatorilor;
- management energetic ineficient.

Dintre acestea, problema managementului energetic este una dintre cele mai complexe şi mai importante , iar rezolvarea sa corectă condiţionează rezolvarea tuturor celorlalte probleme. Faza managementului după comenzi primite de la niveluri superioare sau cea a managementului intuitiv, după regulile bunului simţ, trebuie depăşite. Este necesară abordarea managementului energetic profesional, ceea ce implică depăşirea unor mentalităţi anacronice şi însuşirea unor cunoştinţe noi.

În acest context, apariţia la Editura Tehnică a volumului **Principii de management energetic** reprezintă un veritabil eveniment editorial. Cartea a fost realizată de un colectiv de personalităţi marcante şi specialişti recunoscuţi în domeniul energiei din ţara noastră, colectiv condus de prof. dr. Aureliu Leca; acesta este şi unul dintre autori.

Lucrarea este structurată în 22 de capitole. **Primul capitol , Energetica şi activitatea umană**, redactat de prof. dr. Aureliu Leca şi prof. dr. Călin Mihăileanu, prezintă complexitatea factorilor lumii contemporane şi perspectivele industriei energiei electrice în contextul necesităţii asigurării unei dezvoltări durabile a societăţii. Cunoscută demult pentru puternica sa rezistenţă la schimbare, industria energiei electrice se îndreaptă spre o schimbare fundamentală în anii ce vor veni, cu implicaţii profunde, ce pot să pornească de la preţul energiei electrice şi să ajungă la calitatea aerului. Cele mai importante inovaţii tehnice nu vor fi, în următorii 25 ani, în tehnologiile de producere, nici în cele de utilizare finală a energiei, ci în tehnologiile de control al sistemelor. În perspectivă, vor trebui investigate şi reevaluate rolul şi implicaţiile formei de proprietate în sectorul energiei electrice, în special interacţiunea dintre forme de proprietate şi control.

În **capitolul 2, Problemele energiei în România în contextul economic şi social actual**, prof. dr. Aureliu Leca şi ec. Gheorghe Manea fac o prezentare a domeniului (resurse, producere, transport, distribuţie şi consum de energie), considerat ca un ansamblu strategic complex.

Autorii consideră necesară elaborarea unor strategii energetice durabile, care să asigure servicii energetice de calitate, sigure şi la preţuri accesibile pentru toţi consumatorii, în contextul îmbunătăţirii condiţiilor de protecţie a mediului înconjurător. Sunt identificate următoarele obiective principale ale acestei strategii:

- creşterea eficienţei energetice în tot domeniul;
- reconsiderarea şi diversificarea bazei de resurse primare; modificarea structurii producerii şi consumului de energie în funcţie de aceasta;
- reconsiderarea capacităţilor de producţie existente sau în construcţie;
- reducerea impactului activităţilor energetice asupra mediului.

Prof. dr. Aureliu Leca este autorul celui de-al treilea capitol, **Legile şi managementul schimbării**. Sunt prezentate cinci legi fundamentale ale schimbării proceselor, instituţiilor şi organizaţiilor economice şi sociale, legi care au un caracter de generalitate şi care se referă, în primul rând, la comportamentul oamenilor. Dintre acestea vom prezenta doar legea a doua sau *Depresiunea schimbării*. Conform acesteia, după părăsirea situaţiei iniţiale în vederea atingerii scopului final, lucrurile vor funcţiona în prima etapă mai rău decât înainte, iar percepţia oamenilor este că totul s-a degradat; întreruperea procesului de schimbare are însă efecte agravante, întrucât performanţele ce se vor înregistra vor fi încă mai scăzute decât cele din momentul anterior schimbării. Autorul arată că în monopolurile existente astăzi în industria energiei cultura acestor organizaţii aparţine în mare măsură fostelor instituţii centrale (ministere, centrale industriale) din economia centralizată, iar rezistenţa la schimbare este foarte mare.

În **capitolul 4, Elemente economice în managementul energiei**, dr. Daniela Scripcariu şi dr. Mircea Scripcariu analizează problemele privind procesul de luare a deciziilor pentru investiţii capitale, cererea şi oferta de energie şi structurile de piaţă pentru industriile producătoare şi furnizoare de energie. Se arată că principalele tendinţe actuale în lume în sectorul energiei electrice se referă la deschiderea şi dezvoltarea pieţei de energie şi la dezvoltarea competiţiei în sfera producerii şi distribuţiei de energie electrică.

Capitolul 5, Prognoza cererii de energie şi a resurselor energetice primare, îl are ca autor pe dr. Neculai Liciu. Se prezintă situaţia actuală şi evoluţii previzibile ale consumului de energie la nivel mondial şi în România, precum şi metode şi modele de prognoză a cererii de energie. Din concluzii se menţionează:

- în ţările Europei Centrale şi de Est cererea de energie finală până în anul 2010 nu va înregistra nivelul din 1989;
- în condiţiile acceptării reformelor în sectorul energetic al României este de aşteptat ca puterea nou instalată pe cărbune să se reducă substanţial (chiar până la zero) şi să devină semnificativă ponderea grupurilor noi pe gaze naturale .

Dr. Neculai Liciu şi Radu Moţoiu sunt autorii **capitolului 6, Legislaţia în domeniul energiei**. Este prezentată structura legislaţiei pe plan internaţional (şi în primul rând la

nivelul UE, precum şi în România în domeniul energiei, al calităţii produselor, mediului ambiant şi protecţiei consumatorului. Autorii insistă asupra necesităţii examinării evoluţiilor pe plan juridic la nivelul UE, întrucât România se va integra în UE, aşa cum va fi aceasta la data integrării şi nu în prezent.

Capitolul 7, Cadrul instituţional şi structuri de organizare în domeniul energiei, îl are ca autor pe prof. dr. Călin Mihăileanu. Autorul prezintă revoluţia instituţională în industria energiei electrice din ultima perioadă, modelele structurale instituţionale şi factorii care influenţează alegerea unei structuri instituţionale. Una dintre concluzii este aceea că nu există un optim unic şi nici o soluţie nu este aplicabilă pentru toate ţările şi în toate cazurile.

Regretatul prof. dr. Costin Moţoiu împreună cu prof. dr. Nicolae Golovanov şi George Darie au redactat **capitolul 8, Impactul sistemelor energetice asupra mediului înconjurător**. Autorii prezintă influenţele activităţilor legate de energie asupra mediului ambiant, inclusiv poluarea electromagnetică.

Capitolul 9, Decizii economico-financiare, finaţarea şi alocarea resurselor financiare în domeniul energiei, a fost redactat de dr. Daniela Scripcariu, dr. Mircea Scripcariu şi Cătălin Dragostin. Sunt prezentate metode de analiză economică a proiectelor tehnice, precum şi soluţii de finanţare a proiectelor şi obstacole în calea finanţării.

Autorii arată că, într-un mediu financiar distorsionat de blocajul financiar şi de lipsa unei pieţe reale de capital, managerii financiari din domeniul energiei şi al întreprinderilor consumatoare de energie trebuie să-şi stabilească politici clare de finanţare, care să permită atragerea fondurilor la momentul potrivit, la costul cel mai scăzut şi cu o utilizare a acestora cu eficienţă maximă.

Capitolul 10, Conservarea energiei. Eficienţa energetică. Intensitatea energetică, a fost elaborat de dr. Corneliu Rotaru. Sunt definite şi explicate cele trei noţiuni din titlul capitolului. Sunt prezentate direcţiile prioritare ale politicii de conservare a energiei şi etapele necesare ale unui program naţional de conservare a energiei. Autorul arată că o politică de eficienţă energetică se adresează nu numai consumatorilor, aşa cum din păcate se procedează, cât şi producătorilor, transportatorilor şi distribuitorilor de energie.

În **capitolul 11, Relaţiile producător-furnizor-consumator de energie. Rolul informării publice,** autorul, Vasile Rugină, descrie particularităţile sectorului care influenţează relaţia producător-furnizor-consumator de energie şi reglementările acestor relaţii în România şi în alte ţări (inclusiv responsabilităţile furnizorului faţă de calitatea energiei livrate), precum şi influenţa terţilor asupra relaţiilor furnizor-consumator şi necesitatea informării publice.

Dr. Jean Constantinescu este autorul **capitolului 12, Planificarea integrată a resurselor (IRP) - o opţiune de resurse. Managementul utilizării energiei (DSM).** Autorul prezintă cele două concepte, etapele planificării integrate a resurselor şi modul de finanţare a programelor DSM. La o trecere în revistă a aspectelor controversate IRP/DSM, se arată importanţa legislaţiei şi reglementărilor menite să orienteze furnizorul către un echilibru producţie-consum la nivcluri cât mai coborâte, printr-o motivaţie adecvată.

Capitolul 13, Costuri-preţuri : taxe şi politici tarifare pentru energie, îl are ca autor pe Florin Gugu. Sunt prezentate principiile tarifării în diverse ţări şi situaţia actuală a tarifării energiei electrice în România, precum şi tendinţele ce se manifestă. Subcapitolele privind taxarea energiei şi internalizarea externalităţilor sunt de asemenea, de interes. Sunt prezentate principalele idei ale celui de al 16-lea Congres al Consiliului Mondial al Energiei (Tokio 1995) :

- guvernele trebuie să ia din timp măsuri pentru eliminarea subvenţionării energiei, astfel încât sarcinile energetice să fie tarifate pe baza costurilor complete;
- consumatorii trebuie încurajaţi în a recunoaşte că totul are un cost şi nu există produse sau servicii gratuite;
- indiferent cât de puternic este caracterul naţional trebuie tins spre concepte comune, compatibile pe plan internaţional.

La redactarea **capitolului 14, Creşterea eficienţei în producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice,** au colaborat regretatul prof. dr. Costin Moţoiu, precum şi prof. dr. Nicolae Golovanov, George Darie şi dr. Laurenţiu Goia. Autorii prezintă limitele şi performanţele centralelor convenţionale cu abur pe combustibili fosili, precum şi tehnologii moderne de producere a energiei electrice şi termice (cicluri combinate gaze-abur, cogenerare, trigenerare, utilizarea surselor regenerabile şi a energiei nucleare) . În mod similar, se prezintă noi tendinţe tehnologice în transportul şi distribuţia energiei electrice.

Problemele de **Sisteme electrice şi interconexiuni** sunt tratate în **capitolul 15** de către prof. dr. Călin Mihăileanu. După un istoric al formării, dezvoltării şi interconexiunii sistemelor electrice, se prezintă conceptele de fiabilitate, adecvare, securitate, flexibilitate (inclusiv FACTS). Autorul analizează impactul unor noi tehnologii folosite de consumatori asupra evoluţiei sistemelor electrice.

Capitolul 16, Creşterea eficienţei şi tehnologii performante pentru utilizarea energiei, are drept autori pe prof. dr. Nicolae Golovanov, prof. dr. Victor Athanasovici, prof. dr. Nicolae Mogoreanu şi dr. Cristian Răducanu şi reprezintă o continuare logică a capitolelor precedente. Autorii prezintă tehnologii şi soluţii eficiente pentru utilizarea combustibililor în vederea arderii, tehnologii electrice moderne, criterii de alegere a tehnologiilor.

Prof. dr. Mihai Ilina şi prof. dr. Costin Moţoiu au redactat **capitolul 17, Servicii energetice în aglomerări urbane şi în mediul rural, încălzire şi transport**. Autorii prezintă corelaţiile între om, construcţie, consumul de energie termică şi mediul ambiant, precum şi concepţia energetică a noilor clădiri. Autorii propun adoptarea de norme cu grad de obligativitate referitoare la izolarea termică a construcţiilor, randamentul aparatelor de încălzire şi preparat apă caldă de consum, poluarea mediului etc. Sunt abordate, de asemenea, problemele managementului şi eficienţei energiei în transporturile orăşeneşti, cu accent pe aspecte de protecţie a mediului.

Capitolul 18 este intitulat **Reingineria organizaţiilor** şi a fost redactat de conf. dr. Mihai Manoliu. "Reingineria" reprezintă regândirea fundamentală şi reproiectarea radicală a procesului unei afaceri pentru a

obţine îmbunătăţiri importante pentru mărimile critice contemporane de măsură şi estimare a performanţelor. Titlurile subcapitolelor sunt sugestive pentru conţinut: *Clienţii preiau conducerea, Competiţia se intensifică, Schimbarea devine constantă, Creşterea rolului primordial al tehnologiei informaţionale* etc.

Gheorghe Manea tratează **capitolul 19, Dezvoltarea durabilă a sectorului energiei**. Autorul arată că durabilitatea acestui sector poate fi definită ca modelul de producere şi de consum al energiei, care amplifică contribuţia producerii de energie la obţinerea beneficiilor economice şi sociale pentru generaţiile prezente şi viitoare, fără a deteriora procesele naturale de bază. Este prezentat conceptul de spaţiu ecologic, căile de realizare a strategiei energetice în Europa şi situaţia existentă în România. În final se afirmă că: *criza energetică operează în România de aproximativ 20 de ani , deci se va transmite şi generaţiei viitoare, fără a exista perspective plauzibile de rezolvare a acesteia pe termen scurt.* Ne permitem să considerăm această afirmaţie mai curând ca o provocare decât ca o profeţie .

Capitolul 20, Managementul calităţii şi al resurselor umane, a fost redactat de Radu Moţoiu. Conform titlului, capitolul este împărţit în două părţi distincte. În prima parte "Managementul calităţii" se analizează regulile "de fier" ale acestei noţiuni, sistemele calităţii, costurile calităţii, relaţiile cu furnizorii, conceptul progresului neîntrerupt. În cea de-a doua parte, se analizează probleme de delegare a autorităţii, de motivare a personalului, de bilanţ al timpului de lucru (Kosukanri) şi de certificare a personalului.

Titlul **capitolului 21** este **Organizarea şi conducerea proiectelor (managementul proiectelor)**, iar autorii săi sunt dr. Mircea Scripcariu şi dr. Daniela Scripcariu. Aceştia detaliază probleme referitoare la definirea proiectelor, planificarea şi pregătirea derulării acestora, managementul comercial, planificarea timpului, planificarea resurselor, implementarea controlului proiectelor. Autorii arată că majoritatea proiectelor au o caracteristică comună, şi anume, prezenţa în pregătirea şi realizarea lor a unor elemente de risc şi incertitudine. Managementul proiectelor are rolul de a prognoza cât mai multe pericole şi probleme ce pot apărea şi de a planifica, organiza şi controla activităţile astfel încât proiectul să fie realizat cu succes, în ciuda tuturor riscurilor. Nu toate proiectele trebuie să se încheie. Din motive bine întemeiate unele proiecte pot fi sistate înainte de a începe sau pe parcursul derulării lor.

Dr. Neculai Liciu şi Felicia Răcăşanu sunt autorii **capitolului 22, Politici de energie şi mediu în ţările dezvoltate economic şi în ţările cu economie în tranziţie** . Se arată că abordarea integrală a problemelor de protecţie a mediului în cadrul politicilor energetice este un obiectiv esenţial şi contribuie la realizarea unei dezvoltări durabile. Prin semnarea Convenţiei Cadru privind Schimbarea Climatului (1994) se preconizează păstrarea constantă a nivelului din 1990 a emisiilor de CO_2 şi al altor gaze nocive până în anul 2000. Au fost prevăzute acţiuni de întărire a cooperării dintre ţările dezvoltate, în scopul adoptării unor instrumente comune de lucru .

Cartea beneficiază de o **Prefaţă** a d-lui prof. dr. Petre Roman, preşedintele Senatului României, din care ne permitem să citâm un pasaj semnificativ :

"Mă simt obligat, atât prin voinţa politică, cât şi prin ataşamentul meu personal ca profesor şi cercetător, să reafirm că datele de bază ale stării energetice româneşti, cât şi corelaţiile dintre acestea şi cele similare pe plan mondial ne arată un imperativ categoric : lucrurile trebuie să se schimbe."

Cartea are, de asemenea, un **Cuvânt înainte** întocmit de dl. Leueen Miller, reprezentant rezident PNUD în România, PNUD contribuind într-o măsură semnificativă la apariţia volumului. Domnul Leueen Miller arată că : *"Apariţia cărţii "Principii de management energetic" reprezintă în opinia noastră un mijloc pus la dispoziţia specialiştilor, cu ajutorul căruia aceştia să reuşească să facă posibil ca "lucrurile să se întâmple" în România."*

O **Postfaţă** semnată de distinsul specialist Nicolas Halberg, manager pentru studii de sistem şi planificare la Compania Olandeză de Producerea Electricităţii (SEP), sporeşte conţinutul de idei al volumului. Dintre acestea se citează doar următoarea : *"Mi se pare logic să încep analiza unui sistem energetic nu de la partea de ofertă (generare), ci de la partea de cerere. Scăderea cererii de energie şi modul în care aceasta este folosită are ca efect important influenţarea consumului de energie primară. Din nefericire, la amândouă capetele acestui lanţ energetic situaţia actuală în România este deplorabilă... Rezultatul actual este cunoscutul deficit al balanţei de plăţi a României... Nu este exclus ca economia la "Demand-Side" să poată fi realizată mult mai ieftin decât la "Supply-Side". Din nefericire, atenţia acordată în prezent posibilităţilor de "Demand-Side Management" este cu mult mai scăzută decât cea acordată părţii de producţie"*.

Cartea se încheie cu un **Glosar** întocmit de coordonatorul întregii lucrări, prof. dr. Aureliu Leca.

Condiţiile grafice remarcabile în care Editura Tehnică a realizat volumul sporesc, evident, plăcerea şi interesul lectorului.

ing. VASILE RUGINĂ

SOMAIRE

HERMINA ALBERT: Des considérations sur la détermination et la valeur de l'impédance homopolaire des postes de transformation à tension primaire de 110 kV et au - delà. 443
IOAN FELEA, EMIL DALE: Des aspects concernant l'impact des régimes déformants (RD) sur la fiabilité des transformateurs électriques 452
MIHAI CREŢU, ŞTEFAN FRĂŢILĂ, LUCIAN NIŢĂ, CONSTANTIN SĂRMĂŞANU CRISTIAN FOŞALĂU: Des recherches sur la création d'un système numérique de measure pour déterminer la qualité de l'énergie électrique 459
EUGENIU POTOLEA, MIHAI SĂNDULEAC, RADU POPA: L'analyse des systèmes triphasés, déséquilibrés et non - sinusoïdaux - une méthode différente d'aborder sur la base de la théoric de Budeanu 464
MIHAI IVAN, MIHAI CRĂCIUN, LUMINIŢA ELEFTERESCU: Banque de données concernant la qualité de l'énergie électrique 470

INFORMATIONS
EMIL COSTIN: Les tarifs adoptés en Roumanie pour l'énergie électrique dans la période 1990 - 1996 477

COMPTE-RENDUS
VASILE RUGINĂ: A Leca: *"Des principes du management de l'énergie"* 485

CHRONIQUE
* * * La Conférence organisée par le GPEET sur le "Fonctionnement économique des centrales thermiques et hydro-électriques 458

CONTENTS

HERMINA ALBERT: Considerations on the determination and value of homopolar impedance of the 110 kV and over 110 kV transformer stations 443
IOAN FELEA, EMIL DALE: Several aspects related to the impact of the distorting conditions (DC) on the electric transformers reliability 452
MIHAI CREŢU, ŞTEFAN FRĂŢILĂ, LUCIAN NIŢĂ, CONSTANTIN SĂRMĂŞANU CRISTIAN FOŞALĂU: Research for the development of a digital measuring system for the electricity quality parameters determination 459
EUGENIU POTOLEA, MIHAI SĂNDULEAC, RADU POPA: Three phase systems analysis in non-sinusoidal periodic conditions. Generalisation and completion of the Budeanu Theory 464
MIHAI IVAN, MIHAI CRĂCIUN, LUMINIŢA ELEFTERESCU: Research for the development of a digital measuring system for the electricity quality parameters determination 470

INFORMATION
EMIL COSTIN: Electricity tariffs in Romania between 1990 - 1996 477

REVIEWS
VASILE RUGINĂ: A Leca *"Power Management Principles"* 485

COMMENTARY
* * * GPEET meeting on "Economical Operation of the Thermal and Hydroelectric Power Stations" 458

СОДЕРЖАНИЕ

ХЕРМИНА АЛБЕРТ: Соображения об определении и величине гомополярного импеданса трансформаторов с первичным напряжением 110 кВ и выше 443
ИОАН ФЕЛЯ, ЕМИЛ ДАЛЕ: О влиянии искажающих режимов работы на долговемьность электрических трансформаторов 452
МИХАИ КРЕЦУ,ШТЕФАН ФРЭЦИЛЭ, ЛУЧИАН НИЦЭ, КОНСТАНТИН СЭРМЭШАН, КРИСТИАН ФОШАЛЭУ: Исследования по реализаци числовой системы измерения для определения параметров качества электроэнергии 459
ЕУДЖЕН ПОТОЛЯ, МИХАЙ СЭНДУЛЯК, РАДУ ПОПА: Анализ трёхфазных, несбалансированных и несинусоидальных систем - новый подход псходя из теории Будяну 464
МИХАЙ ИВАН, МИХАЙ КРЕЦУ, ЛУМИНИЦА ЭЛЕФТЕРЕСКУ: Банк данных по качестви электоэнергии 470

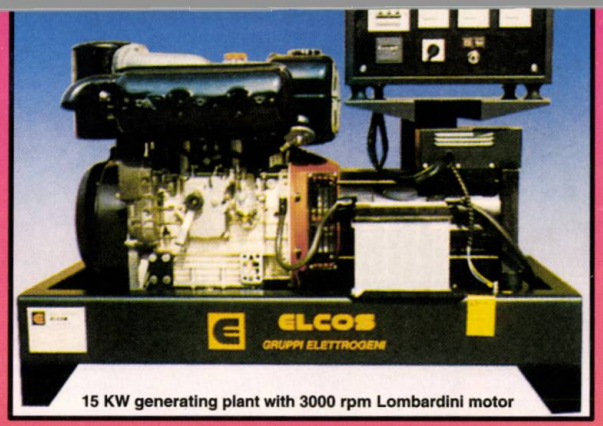
ИЗ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
ЕМИЛ КОСТИН: Тарифы на электронергию в 1990 - 1996 гг. 477

РЕЦЕНЗИИ
ВАСИЛЕ РУДЖИНЭ: Аурелю Лека "Принципы энергетическово хозяйственново управления" 485

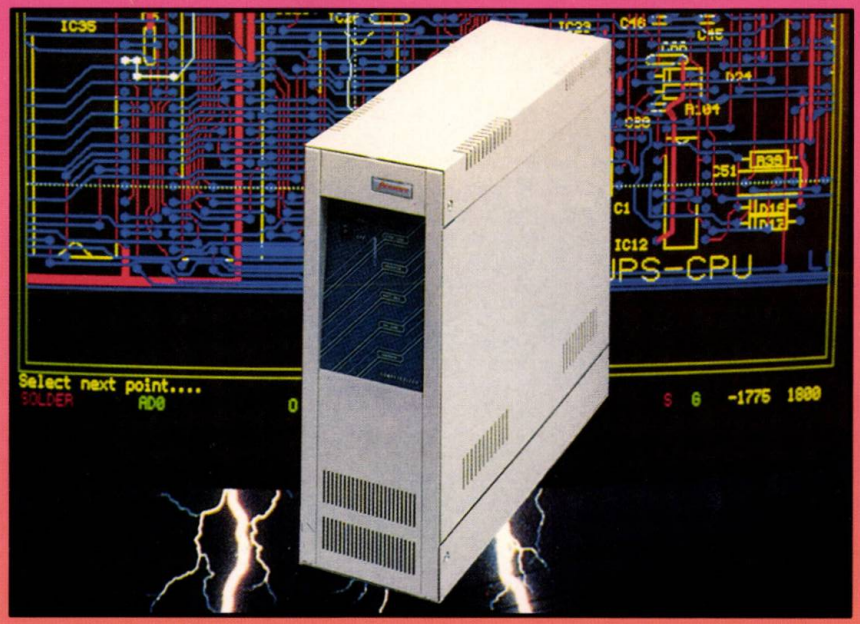
ХРОНИКА
х х х Рабочее совещание ГПЕЕТ *"Экономичная работа ТЭС и ГЭС"* 458

RO SHANDY s.r.l.

TEL.: 0040/1/746.05.67
TEL./FAX: 0040/1/312.95.10
BUCUREŞTI sector 6,
BD. TIMIŞOARA 39, bl. 36, ap.11



15 KW generating plant with 3000 rpm Lombardini motor

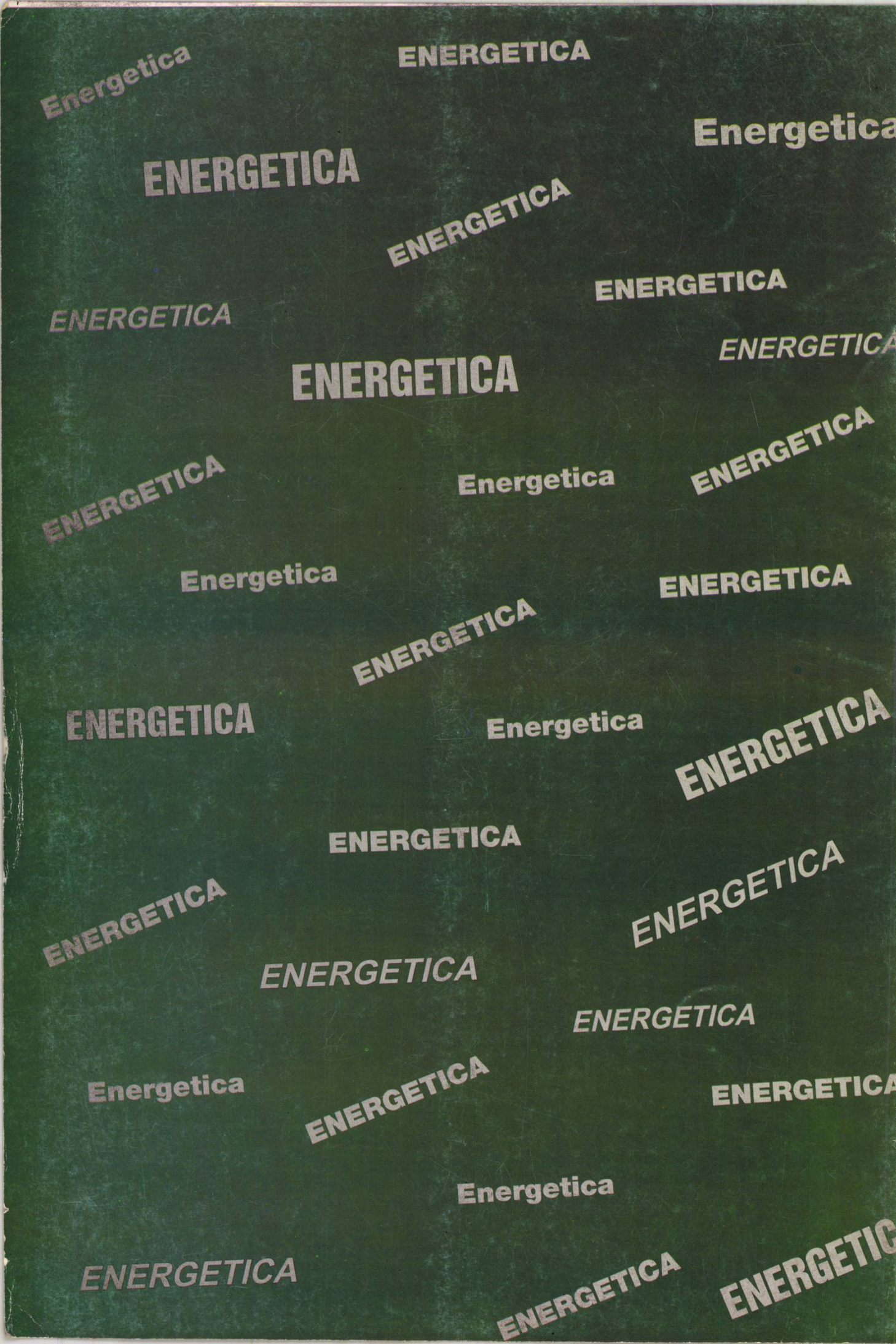


Societatea româno-italiană **RO SHANDY SRL** a fost creată ca societate mixtă cu parteneri italieni producători de echipamente electronice. Societatea funcţionează în domeniile: comerţ, producţie, proiectare, service pe echipamente fabricate în ITALIA.

Echipamentele pe care le oferim sunt următoarele:

- **SURSE DE ALIMENTARE NEÎNTRERUPTĂ** (UPS) în gama 100W...26kVA cu aplicaţii de alimentare a calculatoarelor şi reţelelor de calculatoare, sisteme de telecomunicaţii, centrale digitale, aparatură medicală, procese automatizate.
- **INVERTOR+REDRESOR** gama 500 VA.....800 kVA cu aplicaţii industriale, navale etc.
- **INVERTOARE SPECIALE** 110 Vc.c./220 Vc.a. şi 220 Vc.c./220 Vc.a. pentru staţii electrice RENEL.
- **STABILIZATOARE C.A** mono şi trifazate 300 W.....100 kVA.
- **REDRESOARE** cu microprocesor pentru încărcarea bateriilor.
- **CONVERTIZOARE TRIFAZATE c.a./c.c.** reversibile, cu recuperare de energie în reţea, controlate cu microprocesor.
- **CONVERTIZOARE STATICE DE FRECVENŢĂ FIXĂ** în gama 45...400 Hz şi puteri 1...600 kVA.
- **CONVERTIZOARE STATICE DE FRECVENŢĂ VARIABILĂ** pentru acţionarea motoarelor asincrone, monofazate şi trifazate, cu microcontroler şi control de câmp cu puteri 0,75....110 kW.
- **DEMAROR DE MOTOARE ASINCRONE**
- **GRUPURI ELECTROGENE** cu motoare IVECO AIFO, CUMMINS, PERKINS, VOLVO PENTA, SAME, VM, LOMBARDINI, LISTER PETTER, cu gama între 2...1400 kVA, răcire cu apă sau aer insonorizate, mobile sau construite în bază fixă.

Întreprinderea producătoare italiană *SHANDY* este atestată ISO 9001, iar produsele sunt omologate de institutul german FACHAUSSCHUB ELEKTROTECHNIK.


Energetica
ENERGETICA
Energetica
ENERGETICA
ENERGETICA
ENERGETICA
ENERGETICA
ENERGETICA
ENERGETICA
Energetica
ENERGETICA
Energetica
ENERGETICA
ENERGETICA
ENERGETICA
Energetica
ENERGETICA
ENERGETICA
ENERGETICA
ENERGETICA
Energetica
ENERGETICA
ENERGETICA
ENERGETICA
Energetica
ENERGETICA
ENERGETICA

11 ENERGETICA

E 2039 FF
8 000000 547255

Romania RENEL

e

NOIEMBRIE 1997

ENERGETICIENI PROTEJAȚI NATURA!

Tipo-Aktis

Tipografie - Editură

Strada Popa Nan nr. 30, Sector 2, BUCUREŞTI
Tel./Fax: (01) - 635.13.53; 642.51.97; 642.75.23; 250.66.06

ENERGETICA e®

ISSN: 1220 - 5133

REVISTA DE SPECIALITATE A ENERGETICIENILOR DIN ROMÂNIA

ANUL 45 Nr.11 NOIEMBRIE 1997

Include şi *Buletin Informativ ENERGETICA*

Revista ENERGETICA a fost înfiinţată în anul 1953, continuând tradiţia vechilor publicaţii inginereşti care au avut preocupări în domeniul energiei ca, de exemplu:
- Diaru pentru vulgarizarea ştiinţelor naturale şi fizice (1870 - 1882);
- Buletinul Societăţii Politehnice (1887 - 1944);
- Buletinul Asociaţiei Generale a Inginerilor din România - AGIR (1919 - 1946);
- ENERGIA, editată de ing. Dumitru Leonida (1921);
- Buletinul Asociaţiei Producătorilor şi Distribuitorilor de Energie Electrică - APDE (1932 - 1944);
- Buletinul Institutului Român de Energie - IRE (1933 - 1944)

COLEGIUL DE REDACŢIE

BIROUL: dr. ing. Eugeniu PAVEL- preşedinte ; ing. Vasile RUGINĂ - redactor-şef; dr. ing. Jean CONSTANTINESCU - redactor-şef adjunct; prof. dr. ing. Dumitru Cezar IONESCU - redactor-şef adjunct; dr. ing. Laurenţiu GOIA - secretar de redacţie; ing. Lucian LEFTER; ing. Ion CONECINI; ing. Vladimir CONSTANTINESCU; conf. dr. ing. Virgil MUŞATESCU; ing. Dan GHEORGHIU; ing. Nicolae NICULESCU; dr. ing. Ioan GANEA; ing. Mihai NICOLAU

MEMBRI: prof. dr. ing. Florin ALEXE; ing. Ovidiu APOSTOL; prof. dr. ing. Victor ATHANASOVICI; prof. dr. ing. Adrian BADEA ; prof. dr. ing. Cornel BIANCHI; ing. Paul CARTIANU; ing. Mircea CÂRDU; prof. dr. ing. Dorin CRISTESCU; prof. dr. ing. Nicolae DĂNILĂ; prof dr. ing. Nicolae GOLOVANOV ; prof. dr. ing. Dumitru IVAS; prof. dr. ing Aureliu LECA; dr. ing. Gheorghe LUCA; dr. ing. Magdalena MATEI; ing. Cornel MOŢIU; prof. dr. ing. Constantin NEAGA; prof. dr. ing. Mircea NEMEŞ; prof. dr. ing. Valeriu NISTREANU; ing. Cornel PÂSLARU; prof. dr. ing. Alexandru POEATĂ; dr. ing. Marius POMÂRLEANU; prof. dr. ing. Florin POP; dr. ing. Teodor POPA; dr. ing. Anca POPESCU; ing. Miron POPESCU; prof. dr. ing. Petre POSTOLACHE; dr. ing. Dan Ion PREDOIU; ing. Constantin RADU; ing. Radu REGMAN; dr. ing. Gabriel ROMAŞCU; ing. Anton ROŞU ; ing. Margarios SALGIAN; ing. Alexandru SĂNDULESCU; ing. Emilian SIMIAN; ing. Cristian TOTOLO; dr. ing. Anton VLĂDESCU.

REDACTOR: Ana Maria CHIVU tel. 322.06.92
321 69 66/149

©Toate drepturile asupra acestei publicaţii sunt rezervate editorului. Orice reproducere, integrală sau parţială, prin indiferent ce mijloace, a materialelor apărute în paginile publicaţiei se poate face numai cu aprobarea editorului. Sunt autorizate numai citările incluse în lucrări ştiinţifice sau în alte volume, cu precizarea sursei. Opiniile exprimate în articolele publicate în revistă aparţin autorilor şi nu reflectă în mod obligatoriu punctul de vedere al editorului. Orice persoană juridică sau fizică a cărei acţiune este în concordanţă sau în contradicţie cu opiniile exprimate în materialele publicate îşi asumă riscurile urmărilor, editorul şi autorii neavând nici o răspundere.

CUPRINS

VERONICA IONIŢĂ: Aspecte privind impactul sistemului hidroenergetic Porţile de Fier asupra mediului înconjurător 491

SORIN MIHAI: Procese de dizvolvare în roci salifere şi consecinţele lor de mediu. Studiu de caz privind zona barajului Racova (Valea Bistriţei, Bazinul Siret, România) 501

ION ROGOCIU: Asigurarea calităţii în energetica nucleară, practici internaţionale şi româneşti 508

FLORIN ALEXE, GHEORGHE LĂZĂROIU: Un model dinamic al CNE de tip PHWR 513

EMIL STATIE, LUCIAN MÂNDREA: Analiza cercetării experimentale a separatorului de mare viteză 518

INFORMAŢII

ION RENŢEA, MIHAELA TOMESCU: Principalele modificări aduse standardelor ISO seria 9000 - ediţia 1995 faţă de 1991 526

CNE'98 534

DE PERSONIS 507, 532

PROGRAMUL MESELOR ROTUNDE PE ANUL 1997 517

DIN ENERGETICA MONDIALĂ 532

RECENZIE

LAURENŢIU GOIA : HÜTTE - Manualul iniginerului. Fundamente 533

Our review publishes ADVERTISMENTS for your PRODUCTS, TECHNOLOGIES, SERVICES, etc.

Please, contact us at the address:
Revista ENERGETICA
GSCI, B-dul Energeticienilor nr.8,
Bucureşti III, RO 79619
Phone : (401)322.06.92 ; (401)321 69 66/149
Fax: (401)321 10 10
Telex: 10783 gsci r

INFORMAŢII, ABONAMENTE, PUBLICITATE
Maria Tomescu (tel. 323 67 30/143)
Silvia Romanescu (tel: 323 67 30/143)
DIFUZARE: *Adela Popescu* (tel: 323 67 30/188)

Abonamentele se pot face prin dispoziţie de plată sau mandat poştal trimis pe adresa editorului. Se pot face abonamente şi cu plata direct la sediul editorului. Costul unui abonament anual este 132 000 mii lei.
Cititorii din străinătate se pot abona prin achitarea c/v abonamentului (120 $) în contul editorului .
CONT BANCAR: 30.11.8.01.01. BCR Filiala sector 3, Bucureşti (lei)
472171611010 (valută)

Procesare computerizată : *Domnica Câmpeanu*
TIPAR:CIDE - Serviciul Tipografie.
Coperta tipărită la TIPO - AKTIS, Bucureşti

Redacţia şi administraţia : B-dul Energeticienilor, nr. 8, sector 3, 79619, Bucureşti

ASPECTE PRIVIND IMPACTUL SISTEMULUI HIDROENERGETIC ŞI DE NAVIGAŢIE PORŢILE DE FIER ASPUPA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR

ing. VERONICA IONIŢĂ *

Lucrarea abordează aspecte concrete privind evaluarea impactului SHEN Porţile de Fier asupra mediului ambiant, referindu-se cu precădere la elementele mediului antropic, elemente de impact asupra mediului geofizic şi ale mediului biologic.

În cadrul mediului antropic se are în vedere în principal producţia de energie electrică, reducerea poluării faţă de soluţia alternativă a producerii energiei pe bază de combustibili fosili, consumul de energie primară scăzută în CHE în comparaţie cu termocentralele RENEL, calitatea energiei şi preţul de cost mult inferior preţului mediu al energiei pe ansamblu RENEL.

Sunt tratate efectele economice locale privind economia forestieră, piscicultura, căile de comunicaţie etc.

Efectele economico-sociale: strămutările de populaţie, forţa de muncă, ocupare terenuri agricole, monumente istorice şi de artă, turism şi agrement, estetică şi peisaj, protecţie risc natural, ocupă un loc important.

Impactul asupra mediului geofizic are în vedere eroziuni de albii şi maluri, transport da aluviuni, stabilitatea versanţilor, niveluri de apă subterană, modificări ale microclimatului.

Analiza impactului asupra mediului biologic urmăreşte elemente ale calităţii apei cu evidenţierea surselor de poluare, flora şi fauna terestră şi acvatică.

Lucrarea se finalizează cu măsurile privind diminuarea sau eliminarea impactului nefavorabil produs de amenajarea hidroenergetică asupra mediului.

The paper covers several aspects related to the assessment of the Porţile de Fier hydropower system impact on the environment, stressing on the natural background elements, impact elements on the geophysical and biological environment.

For the natural background we have especially considered the generation of electricity, pollution diminishing in comparison with the fossil - fuelled power generation diminished primary energy consumption in the hydroelectric power station as compared to the RENEL fossil fuelled power plants, the quality of power and the cost price which is lower than the average price of power within RENEL.

Local economic effects on forestry, pisciculture, communication ways, etc are also tackled.

The socio-economic effects, such as: population displacement, labour force, agricultural land usage, historical and art monuments, tourism and leisure, aesthetics and scenery, protection against natural risk occupy an important place.

The impact on the geophysical environment takes into consideration the erosion of the river beds and banks, alluvial deposits transportation, stability of the slopes levels of underground water, microclimat changes.

The analysis of the impact on the biological environment envisages elements regarding water quality, pointing out the sources of pollution, the flora and fauna.

The work concludes with the measures regarding the diminishing or doing away with the unfavourable impact of the hydropower developments on the environment.

Descriptori: biocenoza, consumul biochimic de oxigen, antropizare, fitoplancton, areal

1. Date generale

Bazinul hidrografic al Dunării, cel mai important din zona Europei Centrale, ocupă o suprafaţă de 805 300 km^2, din care 221 670 km^2 (28% din total) se află pe teritoriul românesc.

Din lungimea totală a fluviului, de circa 2860 km, 1075 km udă teritoriul românesc, 236 km desfăşurându-se exclusiv în spaţiul naţional.

SHEN Porţile de Fier I este amplasat pe Dunăre la km 942, aproape de ieşirea fluviului din cel mai important sector de defileu de pe traseul

* Grupul de Producere Energie Electrică şi Termică, Bucureşti

său, prin care taie lanţul Munţilor Carpaţi. Acest sistem, împreună cu SHEN Porţile de Fier II, situat pe Dunăre la km 863, influenţează parametrii de mediu ai fluviului pe un sector extins, cuprins între secţiunile Baziaş (km 1075) şi confluenţa cu Timokul (km 847).

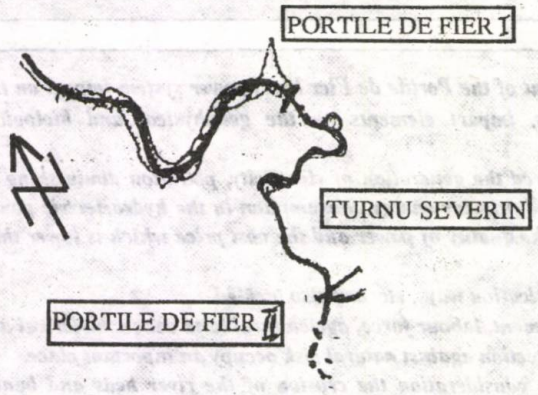
1.1. Prezentarea amenajărilor existente

SHEN Porţile de Fier I+II este cel mai important sistem hidroenergetic construit pe Dunăre; a fost construit şi este exploatat în comun de România şi Iugoslavia.

SHEN Porţile de Fier I are frontul de retenţie în următoarea alcătuire:

- baraj deversor - cu 14 câmpuri deversoare;
- două centrale a câte şase agregate fiecare, având o putere unitară de 175 MW/agregat;
- două ecluze;
- baraj nedeversor între ecluze şi versant.

La cota 72,50 md.M.A.* este realizată şoseaua care face legătura între cele două maluri. Volumul lacului este de 2,4 mld.m^3 la cota de retenţie la baraj de 69,50 m d.M.A.* şi de 1,7 mld.m^3 la cota de retenţie la baraj de 63,0 m d.M.A.



Evacuarea apelor mari se face prin cele 12 turbine existente (12x644 m^3/s), cele 14 câmpuri deversoare (14x1125 m^3/s), precum şi cele două ecluze (2x761 m^3/s).

Nu se iau în considerare cele şase goliri de fund care stau în poziţia închis.

Capacitatea totală a evacuatorilor menţionaţi este de 25 000 m^3/s, în condiţiile utilizării integrale.

SHEN Porţile de Fier II, are frontul de retenţie amplasat după cum urmează:

- în albia principală a Dunării, km 863;
- de-a lungul insulei Ostrovul Mare;
- în albia braţului secundar Gogoşu, km 875.

Principalele uvraje ale acestei amenajări sunt:

- barajul deversor iugoslav cu şapte câmpuri deversoare;
- două centrale electrice "principale" cu câte opt agregate fiecare, având o putere unitară de 27 MW/agregat;
- două centrale electrice "suplimentare", echipate cu câte două agregate, fiecare cu aceleaşi caracteristici ale agregatelor;
- barajul deversor românesc cu şapte câmpuri deversoare situat pe braţul Gogoşu;
- baraje nedeversoare amplasate în albia principală a Dunării şi pe braţul Gogoşu;
- două ecluze.

Volumul acumulării la NNR de 41,0 m d.M.A. la baraj este de 600 mil. m^3.

1.2. Regimul de exploatare

Debitul instalat actual la hidrocentrala Porţile de Fier I este de 8700 m^3/s, la hidrocentrala Porţile de Fier II este de 7650 m^3/s, iar după punerea în funcţiune a centralei suplimentare iugoslave va fi 8500 m^3/s.

1.2.1. Niveluri caracteristice

Condiţia principală în funcţionarea sistemului este corelarea debit - nivel la barajul Porţile de Fier I, astfel încât în secţiunea de control la gura Nerei (km 1075), nivelul maxim mediu zilnic să nu depăşească 70,30 m d.M.A., iar cel maxim de scurtă durată 70,40 m d.M.A.

La barajul Porţile de Fier I, nivelurile de exploatare variază între cotele 63,00 m.d.M.A. şi 69,50 m.d.M.A. (maximul de scurtă durată admis este de 69,59 m.d.M.A.).

La barajul Porţile de Fier II, nivelurile de explotare pot varia între 39,40 m.d.M.A. şi 41,00 m d.M.A.

Pentru funcţionarea optimă a SHEN Porţile de Fier II s-a stabilit în secţiunea Drobeta Turnu Severin un nivel de control de 42,0 m d.M.A., considerat ca limită superioară pentru jocul de niveluri provocat de funcţionarea la vârf a hidrocentralelor cascadei Porţile de Fier I şi Porţile de Fier II. Acest nivel poate fi menţinut până la debitul de 11 500 m^3/s. La debitul de 16 350 m^3/s (asig. 1%) nivelul maxim admis în această secţiune este de 43,25 m d.M.A.

* metri deasupra Mării Adriatice

1.2.2. Variaţiile de nivel

În urma analizei datelor disponibile, rezultă că cele mai mari valori ale variaţiilor de nivel zilnice se înregistrează în secţiunile Porţile de Fier I, amonte şi aval, Kladovo şi Porţile de Fier II amonte, la debite de 5000 şi 7000 m^3/s, fiind cuprinse în general între 150 şi 250 cm. La aceleaşi debite se înregistrează valori apropiate de 100 cm în secţiunea Porţile de Fier II aval.

Pentru debitul de 9000 m^3/s, în secţiunile menţionate, valoarea maximă a variaţiilor de nivel zilnice se menţine sub 60 cm.

2. Evaluarea impactului SHEN Porţile de Fier asupra mediului înconjurător

Având în vedere particularităţile amenajării şi ale mediului înconjurător, în lucrare sunt prezentate: elemente ale mediului antropic, elemente ale mediului fizic şi elemente ale mediului biologic.

2.1. Elemente ale mediului antropic

2.1.1. Efecte economice generale. Producţia de energie electrică

Scopul funcţional principal al amenajării se realizează în condiţiile următorilor parametrii principali:

Parametrii	U.M.	Centrala	
		PF I	PF II
Debit mediu multianual (între 1840-1994)	m^3/s	5473	
Debit instalat	m^3/s	8700	7650 (8500)*
Puterea instalată	MW	1050	270
Căderea medie	m	27,17	19,65
Energie produsă de centrale româneşti	GWh/an	5250	1547

*) După punerea în funcţiune a centralei suplimentare iugoslave.

• Amenajarea produce o cantitate de energie de înaltă calitate, funcţionând atât la vârful, cât şi la baza curbei de sarcină.

• **Energia provine din surse regenerabile,** rezultând o economie de combustibil fosil, cărbune utilizat în termocentralele RENEL pentru anul hidrologic mediu de 2 861 537 tc.c. (fig.1).

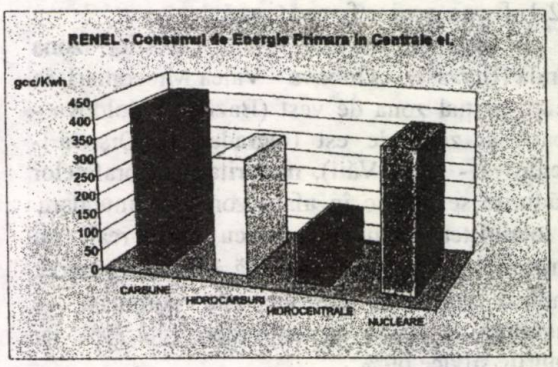


Fig. 1.

• **Preţul de producţie al energiei** în SHEN Porţile de Fier - 4645 lei/MWh în anul 1996 - este cu mult inferior preţului mediu al energiei pe ansamblul centralelor RENEL (72 472 lei/MWh), astfel încât efectul pur economic, inclusiv asupra populaţiei, este net superior.

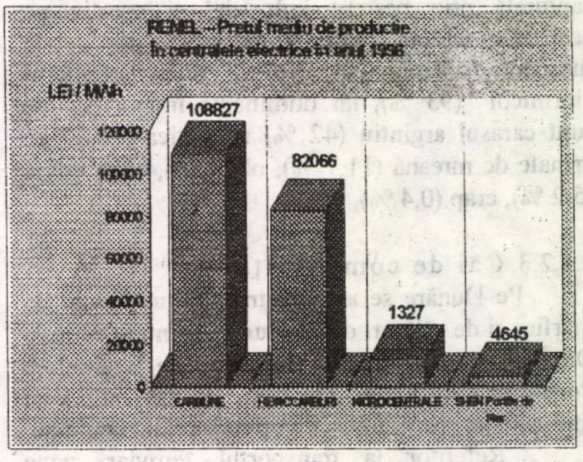


Fig. 2.

• **Reducerea poluării** faţă de soluţia alternativă a producerii energiei pe bază de combustibili fosili este un alt efect benefic important al producţiei de energie electrică. Potrivit unor studii efectuate în anul 1995 de RENEL - Serviciul Protecţia Mediului, pe baza indicilor specifici de emisie calculaţi rezultă că, dacă energia medie anuală de 6797 GWh ar fi produsă în termocentralele RENEL, ar rezulta o poluare importantă, respectiv emisia anuală a următoarelor noxe: 149,0 ktone bioxid de sulf,

16,3 ktone oxizi de azot, 40,1 ktone pulberi în atmosfera, 6444 ktone bioxid de carbon.

2.1.2. Efecte economice locale

2.1.2.1. Economia forestieră

În ceea ce priveşte fondul forestier, zona centrală (Berzasca - Dubova - Valea Mraconiei), în special, parţial zona de vest (Baziaş - Moldova - Pescari) şi zona de est (Ogradena - Orşova - Vârciorova - Gura Văii), majoritatea suprafeţelor împădurite se găsesc în afara zonei de inundare. Din totalul teritoriului inundat cu ocazia realizării amenajărilor, pădurile reprezintă 14%. În general, economia zonei de impact este dominată de silvicultură; terenurile agricole reprezintă 29%, iar terenurile silvice 69%.

2.1.2.2. Pescuit. Piscicultură

Prin realizarea lacului de acumulare s-a produs un dezechilibru în conţinutul biologic al Dunării, cu urmări negative asupra unor importante specii de peşti, influenţând astfel sectorul piscicol.

În ceea ce priveşte cantitatea de peşte capturată prin pescuit industrial şi sportiv pe porţiunea Baziaş - Salcia în 1995, din datele furnizate de Piscicola - Drobeta, reiese caracterul ciprinicol (93 %), iar dominante între ciprinide sunt carasul argintiu (42 %) şi plătica (26,5 %), urmate de mreană (11,7 %), obletc (6,4 %), cosac (5,2 %), crap (0,4 %).

2.1.2.3. Căi de comunicaţie

Pe Dunăre se asigură transportul fluvial de mărfuri şi de călători din porturile Turnu Severin şi Orşova. După formarea lacurilor de acumulare Porţile de Fier I şi II, condiţiile de navigaţie s-au îmbunătăţit , capacitatea de traversare dublându-se.

Referitor la transportul feroviar, zona Porţile de Fier este străbătută de magistrala Bucureşti - Craiova - Drobeta - Turnu Severin - Caransebeş - Timişoara, în lungul căreia circulă şi trenuri internaţionale, care fac legătura cu Iugoslavia prin Stamora Moraviţa sau Jimbolia.

Ca urmare a construirii SHEN Porţile de Fier I, calea ferată a fost deviată între Turnu Severin şi Topleţ pe o lungime de 23,5 km şi la niveluri superioare cotei 73,0 m d.M.A., lăsând o zonă de protecţie de minimum 3,5 m peste nivelul maxim din lac, 69,50 m d.M.A. Calea ferată urmăreşte conturul lacului între Turnu Severin şi Orşova.

Principala cale de transport rutier din zona Porţile de Fier o constituie drumul naţional DN6, care asigură legătura Bucureşti Craiova - Drobeta Turnu Severin - Timişoara şi care face parte din reţeaua drumurilor europene (E70). Prin construirea barajului şi crearea lacului de acumulare, drumul a fost inundat între localităţile Gura Văii şi Coramnic. S-au reconstruit 17,1 km de drum.

Legătura între Orşova şi Baziaş este asigurată de drumul naţional DN57 şi DN57A, drum care străbate toate statele aflate pe malul Dunării.

2.1.3. Efecte economico-sociale

2.1.3.1. Strămutări de populaţie

Prin ridicarea nivelului Dunării la nivelul maxim de retenţie al lacului, au fost afectate 19 localităţi situate între Baziaş şi Gura Văii, din care unele au fost inundate parţial: Baziaş, Moldova Veche, Liubcova, Berzasca; unele au fost inundate total: Drencova, Cozla, Vârciorova şi Ada Kaleh; alte localităţi care au fost inundate complet sau aproape complet: satele Şviniţa, Taşoviţa, Plavişeviţa, Dubova, Ogradena şi Eselniţa au fost reconstruite pe noi amplasamente. Orşova şi localităţile satelite Jupalnic, Tufari, Coramnic, care au fost complet inundate, au fost construite într-o singură localitate cu caracter urban.

2.1.3.2. Populaţia - efecte asupra ocupaţiilor autohtonilor

Majoritatea forţei de muncă antrenate în procesul de producţie în ramurile economice din teritoriu, 32,7 % în industrie, 32,8% în agricultură, 8,9 % în transporturi, 0,58 % în silvicultură, a fost afectată cel mai mult de realizarea lacului de acumulare.

Cea mai mare parte din locurile de muncă dezafectate a fost preluată prin construirea amenajării. S-a asigurat baza materială a populaţiei din zonă prin menţinerea echilibrului între solicitarea mâinii de lucru şi rezervele existente în zonă.

Ca urmare a realizării sistemului hodroenergetic şi a strămutărilor de populaţie, zona s-a dezvoltat din punct de vedere economic în mod deosebit: orasele Orşova şi Drobeta Turnu Severin au absorbit în cea mai mare parte forţa de muncă din zonă şi din afara zonei.

2.1.3.3. Ocupare terenuri

Pentru determinarea suprafeţelor de teren afectate ca urmare a realizării SHEN Porţile de Fier I şi II, s-a stabilit o limită de inundabilitate, care coincide cu nivelul maxim de retenţie al celor două hidrocentrale.

Pentru apărarea localităţilor aflate pe malurile lacurilor s-a considerat limita de inundabilitate ca fiind nivelurile maxime de retenţie pentru secţiunile respective, la care s-a mai adăugat o gardă de 1,5 m pentru lacul Porţile de Fier I, respectiv 1,0 m pentru lacul Porţile de Fier II.

Terenurile aflate sub limita de inundabilitate se află în parte în administraţia RENEL la Porţile de Fier I şi în totalitate RENEL la Porţile de Fier II şi se înscriu în următoarele categorii de folosinţe: arabil, silvic, neproductiv.

Există două zone situate în afara limitei de inundabilitate, care au fost totuşi inundate şi care nu aparţin RENEL:

- la km 910 – o suprafaţă de 4,86 ha;
- la km 867 – o suprafaţă de 1,03 ha.

Atât la Porţile de Fier I, cât şi la Porţile de Fier II, există suprafeţe de teren care au fost necesare pentru lucrări auxiliare (drumuri, clădiri) şi care au fost ocupate fără acte. Pentru a reglementa această situaţie o parte din terenurile ocupate cu acte şi care sunt netehnologice vor fi schimbate cu terenurile ocupate fără acte; restul terenului netehnologic ocupat cu acte se propune a fi disponibilizat.

2.1.3.4. Turism, agrement, odihnă

Între Baziaş şi Gura Văii, pe o distanţă de 134 km, Dunărea a sculptat în arcul carpatic un defileu impresionant, unul dintre cele mai grandioase fenomene naturale din Europa. Străbătând bătrânul continent, Dunărea a creat multe locuri pitoreşti, însă nici unul nu se poate compara cu grandiosul defileu central Porţile de Fier.

Merită menţionată stânca Babacăi, un rest al nenumăratelor stânci care constituiau coşmarul vaporenilor de pe Dunăre, acum acoperite de apele lacului. În aval de localitatea Şviniţa se văd, scufundate în apă, ruinele turnurilor cetăţii Tricule, iar în aval de rămăşiţele Plavişeviţei se văd Cazanele Mari, şi Cazanele Mici. Pe malul drept se observă Tabula Traiana, ridicată cu circa 30 m mai sus de locul în care au fixat-o romanii.

Valoarea turistică a defileului este sporită şi de alte monumente istorice şi de artă. Pe malul Dunării, la Muzeul Porţile de Fier, se află ruinele castrului roman Drobeta, podul lui Traian, Turnul lui Iustinian, Băile romane, Biserica medievală cu contraforturi.

O valoare istorică specială în sectorul Porţile de Fier o reprezintă construcţiile din evul mediu, cum ar fi: Cetatea Severinului, ruinele mânăstirii Vodiţa, cetatea Trikub, cetatea Sf. Ladislau, precum şi cele de pe malul iugoslav, ca: oraşele întărite în evul mediu Golubat şi Smederevo. Cetatea Ada – Kaleh, datând din timpul dominaţiei otomane, inundată, a fost transferată într-un cadru muzeal, nefinalizat încă din motive financiare, pe insula Simian, situată în aval de Turnu Severin, iar pe malul drept, la intrarea în localitatea Klodovo se află bine conservată fortăreaţa turcească Fetislam.

Ca urmare a construirii SHEN Porţile de Fier I, calea ferată Bucureşti – Timişoara urmăreşte conturul lacului între Turnu Severin şi Orşova. Se remarcă pentru aceste porţiuni, numărul mare de lucrări de artă: 21 poduri şi viaducte, cu o lungime totală de 1850 m – cel mai mare pod are 244 m lărgime şi 20 m lăţime, cel mai mare viaduct are 236 m lungime şi 19 m lăţime - , şapte tunele cu lungimi între 83 şi 400 m, 137 podeţe, ziduri de sprijin , terasamente.

Prin reconstruirea drumului DN6 au fost realizate o serie de lucrări de artă, cum ar fi: 35 poduri, pasaje denivelate şi viaducte cu lungimi până la 280 m şi lăţimi între 22 – 55 m, două tunele cu lungimea de 2002 m, ziduri de sprijin, îmbrăcăminţi bituminoase şi pasaje.

În ceea ce priveşte circulaţia turistică fluvială, din sectorul roman din zona "Porţile de Fier", care are ca punct central porturile Turnu – Severin, se pleacă spre insula Simian şi Cazanele Dunării, Orşova sau Cazane, ca şi pentru întregul defileu al Dunării, traseele terminându-se la Moldova – Veche, al treilea port din zonă.

2.2. Efecte asupra mediului fizic. Elemente geofizice

2.2.1. Stabilitatea terenului

Din punctul de vedere al stabilităţii terenului, malul românesc al Dunării a fost influenţat direct de execuţia şi exploatarea celor

două sisteme hidroenergetice şi se află într-un continuu proces de transformare.

Impactul primar asupra factorilor geologici de stabilitate a amplasamentului a apărut odată cu începerea lucrărilor de studii şi de amenajare a fluviului, iar impactul major s-a produs după umplerea lacurilor şi exploatarea lor până în prezent, când se poate vorbi de un impact actual, cu fenomene fizico-geologice active, vizibile.

S-a schimbat total aspectul iniţial al terenului pe tot sectorul Dunării între Baziaş şi Timok.

În sectorul Baziaş – Turnu Severin schimbarea aspectului iniţial al terenului s-a datorat excavaţiilor masive din albie şi din versant pentru obiectivul energetic şi de navigaţie şi pentru strămutarea căilor de circulaţie (DN şi CF).

Execuţia traseelor de comunicaţii noi, DN şi CF, a dus la modificarea esenţială a terenului, datorită, în principal, defrişării versantului, creării de taluze şi ramblee artificiale etc.

Decopertarea parţială a stratului de deluviu pe traseele în execuţie, îndepărtarea sau consolidarea terenului surpat, degajarea pe versant a materialelor rezultate de la excavaţii şi terasamente sunt numai câteva din lucrările care au favorizat stricarea echilibrului natural al versantului stâng.

Sectorul cel mai afectat de aceste fenomene este cuprins între Orşova şi Gura Văii (baraj) unde se află cele mai multe lucrări de artă de la DN şi CF.

Ravenele şi microfalezele rezultate în urma eroziunilor s-au generalizat, având ca efect final prăbuşiri locale de mal.

În urma producerii fenomenelor de versant, linia de contur al lacului s-a deplasat înspre mal, apropiindu-se de terasamentul CF, fapt ce necesită lucrări de protecţie. Acestea sunt în curs de execuţie, iar programul are în vedere protejarea întregului sector. Efectul acestor lucrări este pozitiv în privinţa stabilităţii versantului, însă aspectul zonelor consolidate este inestetic.

Extragerea balastului şi a pietrelor de carieră a produs un impact negativ asupra aspectului morfologic (Ostrovul Golu, Schela Cladovei, Ogaşul Sf. Petreu şi Gura Văii).

La terminarea lucrărilor de construcţii au fost realizate lucrări de corecţie a torenţilor, taluzări, inierbări, protecţii etc. care au contribuit la stabilitatea terenului, însă au accentuat schimbarea aspectului mediului natural în zonă.

Noile construcţii ale DN şi CF, precum şi cele de protecţie au favorizat apariţia a noi zone de eroziune şi depunere, care necesită şi în prezent lucrări de apărare şi protecţie a versantului.

În sectorul Turnu - Severin – Ostrovul Mare, (lung de 82 km) ridicarea nivelului în lacul Porţile de Fier II a determinat deplasarea liniei malului spre interiorul teritoriului românesc.

S-a produs submersarea unor suprafeţe de teren, iar venirea apei în contact cu terenurile slabe de pe mal (materiale loessoide, nisipuri, materiale argiloase cu grosimi mari), a generat apariţia fenomenelor de eroziuni şi surpări de versant.

În condiţiile geologice şi geomorfice specifice zonei de câmpie, fenomenele de instabilitate a malului au fost previzibile, ele producându-se şi înainte de existenţa lacului.

Astfel, pentru zonele joase, din faza de proiectare a SHEN Porţile de Fier II, s-a avut în vedere execuţia digurilor pentru scoaterea de sub efectul inundaţiilor a unor terenuri agricole şi aşezări omeneşti, provocate de ridicarea nivelului în lac (digurile Ostrovul Corbului şi Ostrovul Mare) pe o lungime de circa 22 km.

În zonele mai înalte, afectate de eroziuni şi surpări de mal, efectele negative au fost parţial înlăturate prin derularea investiţiei "Lucrări pentru combaterea eroziunii malului în lacul Porţile de Fier II, ca urmare a exploatării Porţilor de Fier I" începând din anul 1989 până în prezent.

Principalele zone unde fenomenele de eroziune – surpare s-au manifestat mai intens sunt în dreptul localităţilor Batoti, Tismana, Vrancea, Crivina, Ţigănaşi, Ostrovul Mare.

Zonele neprotejate încă sunt urmărite permanent, pentru a se putea interveni în cazul apariţiei proceselor de instabilitate a malului (eroziuni, surpări etc.) prin lucrări de protecţie.

2.2.2. Ape de suprafaţă

Reţeaua hidrografică aferentă sectorului românesc provine în cea mai mare parte din Munţii Banatului, Cernei şi Mehedinţi.

Pentru cursul Dunării în aval de Baziaş regimul de scurgere este influenţat, în principal, de comportamentul hidrografic al afluenţilor mari pe care fluviul îi primeşte în zona sudică a Depresiuniii Panonice: Drava, Tisa, Sava şi Morava. Aceşti afluenţi, aduc un aport mediu anual de peste 3000 m^3/s la debitul fluviului (circa 55% din debitul mediu anual la intrarea în ţară).

Debitul mediu multianual, determinat pe intervalul de timp cuprins între anii 1840 şi 1994, are valoarea de 5473 m^3/s, debitul maxim mediu calculat pe intervalul 1840 – 1965 are valoarea 9980 m^3/s, iar debitul minim calculat pentru aceeaşi perioadă 2640 m^3/s.

2.2.3. Ape subterane

Prin apariţia lacului de acumulare Porţile de Fier I, care a făcut ca o parte însemnată din lunca Dunării şi conurile de dejecţie din zonele de confluenţă să cadă total sau parţial sub noul nivel al fluviului, regimul hidrogeologic a suferit şi cele mai importante modificări în zonele respective.

În sectoarele de lărgire a defileului în care aceste formaţiuni au fost complet inundate (zonele Dubova, Liubcova, Orşova) nivelul freatic s-a adaptat la noul nivel al fluviului; ridicarea nivelului freatic este constatată în fântânile de la Plavişeviţa, Dubova, Ogradena, Orşova şi Gura Văii. Fisuraţia şi permeabilitatea rocilor din întregul sector stâncos condiţionează legătura cu nivelul Dunării, fără apariţia de izvoare la baza versantului. În Cazanele Mari şi Cazanele Mici, unde sunt întâlnite masivele calcaroase carstificate, se presupune existenţa unei circulaţii a apei prin golurile carstice din rocă (canicule, caverne etc.).

Între Turnu Severin şi Timok, în zona Porţile de Fier II, situaţia actuală se caracterizează prin:

- ridicarea nivelului pânzei freatice, evidenţiată prin creşterea nivelului apei în fântânile din localităţile situate în zona de luncă, sau pe terasele joase (Simian, Ostrovul Corbului, Vrancea, Crivina, Ostrovul Mare);
- inundarea izvoarelor captate în zona de luncă şi la baza teraselor joase (Simian, Vrancea, Crivina);
- înmlăştinirea unor zone (Crivina, Ostrovul Mare).

Măsurătorile efectuate în anul 1996 în fântânile din localităţile situate pe terasele Dunării şi în forajele hidrogeologice din zonele îndiguite (Ostrovul Corbului, Ostrovul Mare) arată că în regim barat, nivelul pânzei freatice se situează la adâncimi variabile faţă de nivelul terenului.

Astfel, în zona de luncă din Ostrovul Corbului şi Ostrovul Mare nivelul freatic se întâlneşte la 1-2 m adâncime, iar pe terase la 6-32 m adâncime (localităţile Burila Mare, Ţigănaşi, Chilia, Batoti).

Variaţiile nivelului freatic din zona de luncă, dependent de nivelul din lac, sunt de 0,5 – 1 m în Ostrovul Corbului şi de 0,5 – 6 m în Ostrovul Mare (zona îndiguită).

Variaţiile nivelului apei în fântânile din localităţile situate pe terasele superioare sunt sezoniere, funcţie de regimul precipitaţiilor şi în cote comparabile cu cele anterioare umplerii lacului.

2.2.4. Transportul aluvionar

Din analiza datelor măsurătorilor de debite de apă şi de aluviuni pentru perioada 1948 – 1985 a rezultat tendinţa generală de scădere în timp a concentraţiei medii anuale a aluviunilor în suspensie.

Astfel, în sectorul de albie unde s-a construit pe Dunăre barajul Porţile de Fier I, concentraţia medie anuală a aluviunilor în suspensie a scăzut sensibil (în medie cu circa 54%) după anul barării albiei în zona respectivă (1970). Dacă în deceniul care a anticipat barareа albiei Dunării (anii 1960 – 1970), la Orşova debitul mediu de apa a fost de 5940 m^3/s, iar concentraţia medie de aluviuni în suspensie a fost de 162 g/m^3, în deceniul care a urmat după barare (anii 1971 – 1981), la Drobeta Turnu Severin debitul mediu de apă a fost 5776 m^3/s, iar concentraţia medie de aluviuni în suspensie a fost de numai 74,3 g/m^3 . Se observă o diminuare a transportului solid, ca urmare a amenajărilor pe afluenţi şi pe Dunarea propriu-zisă.

Se poate remarca o ameliorare a condiţiilor de navigaţie şi de scurgere a apelor mari prin "optimizarea" hidraulică a secţiunii transversale a Dunării, datorată aportului mai redus de aluviuni în suspensie şi tarate [9].

2.2.5. Mediul climatic

Sectorul văii Dunării cuprins între Nera şi Timoc se încadrează într-un climat continental temperat, cu nuanţe mediteraneene, resimţite în special în zona defileului transcarpatic.

Principalii parametrii climatici prezintă următoarele valori medii anuale: temperatura 10 – 11°C; precipitaţii, nebulozitate şi umiditate relativ mai mari în zona defileului (600-800 mm, 5,5-6,0 zecimi,75 – 80%) decât în aval (550-600 mm, 5,0-5,5 zecimi, 70 – 75%). Mişcarea aerului prezintă o componentă predominant vestică cu unele particularităţi în zona de defileu (orientarea în lungul acestuia şi local pe văile afluente).

2.3. Efectele asupra mediului biologic

2.3.1. Calitatea apei

Chimismul apei în zona Porţile de Fier a dus la schimbarea particularităţilor biocenotice şi a factorilor ecologici. Restrângerea sau mutarea arealului de răspândire a unei specii sau dispariţia ei sunt în primul rând efectul stării naturale a chimismului fluviului.

O_2 dizolvat . Potrivit studiilor de teren şi laborator existente, în perioada 1955 – 1990, concentraţiile oxigenului dizolvat (O.D.) în apele Dunării în zona Porţile de Fier I şi II au scăzut de la valoarea medie 8,4 mg O_2/l, în anii 1955 – 1964, la 6,2 mg O_2/l, în anii 1985 – 1990 [7].

În anii 1994 – 1996 (în perioada III – X), valorile medii înregistrate variază între 6,6 mg O_2/l şi 8,6 mg O_2/l.

Totuşi, în anumite luni se pot remarca valori sub limita admisibilă - 6 mg O_2/l – STAS 4706/88 (exemplu 4,8 mg O_2/l în secţiunea Gruia km 851 la 20.07.94 şi Pristol km 836 la 19.07.95; 5,3 mg O_2/l în secţiunea amonte de Turnu Severin, km 934 la 13.08.96) (fig. 3), modificarea regimului oxigenului la nivelul bazinului dunărean având loc atât în zonele amonte, ca urmare a dezvoltării social-economice a ţărilor respective, cât şi pe plan local, ca urmare a barării Dunării şi formării lacurilor Porţile de Fier.

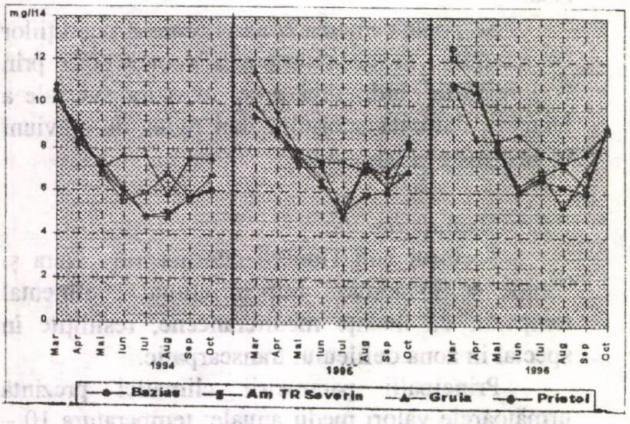


Fig. 3. Valori medii lunare ale indicatorului O_2 dizolvat. 1994 - 1996.

Din figura 4 se observă că debitele afluente care tind către 6000 m^3/s au contribuit, într-o oarecare măsură, la reglarea deficitului de oxigen în zona amenajată în anii 1995 şi 1996.

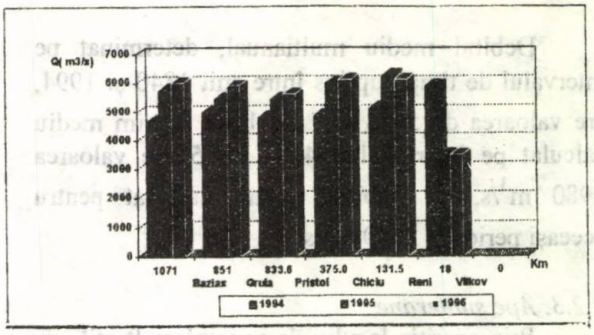


Fig.4. Valori medi anuale ale debitului afluent. 1994 - 1996

Substanţe organice. În ceea ce priveşte poluarea apei cu substanţe organice, fenomen redat prin indicatorul CBO_5 – consumul biochimic de oxigen - (fig. 5), se observă valori superioare celei admisibile (5 mg O_2/l STAS 4706/88) astfel: 8,1 mg O_2/l la 16.10/96 în secţiunea amonte de Turnu Severin km 934; 7,1 mg O_2/l la 14.03.96 în secţiunea Gruia, km 851; 6,5 mg O_2/l la 11.09.96 în secţiunea Pristol, km 836.

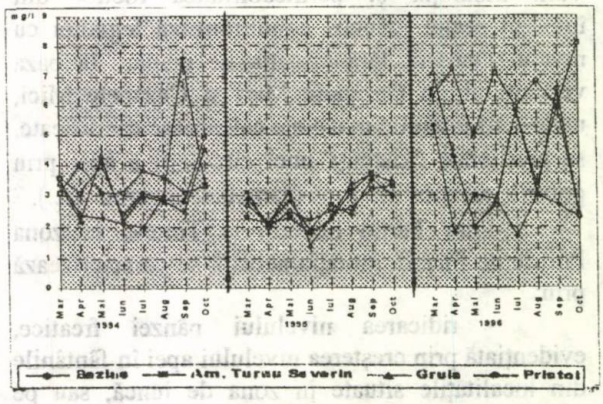


Fig. 5. Valori medii lunare ale indicatorului CB05. 1994 - 1996.

pH. Din datele existente, reacţia apei variază în lacul Porţile de Fier I şi II în anii 1995 şi 1996 (perioada III-X) între 7,0-8,5, majoritatea valorilor situându-se sub 8.

Elemente biogene (N,P). Din datele existente în anul 1991 [9] rezultă că România intervenea în încărcarea Dunării cu 203 mii tone echivalent N, respectiv 1/3 din totalul azotului preluat de fluviu în toată zona hidrografică şi 53 mii tone echivalent fosfor, circa 50% din încărcarea totală.

În anii 1994 – 1996 se constată scăderea aportului de azot pe sectorul amenajat faţă de secţiunea de intrare a Dunării în ţară, Baziaş (5,08 mg/l în anul 1996) (fig. 6). Totodată se observă conţinutul ridicat al azotului în anul 1996, comparativ cu anii 1994 şi 1995.

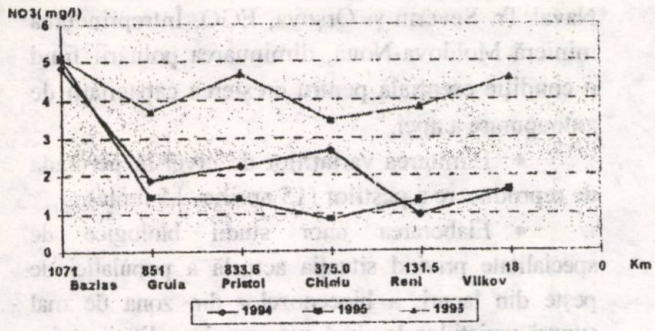


Fig. 6. Valori medii anuale ale indicatorului NO_3, 1994-1996.

În ceea ce priveşte conţinutul de fosfor, pe ansamblul anului 1996, este scăzut faţă de secţiunea de intrare în ţară, atingând valoarea maximă 0,09 mg/l în secţiunea Gruia, km 851 (fig. 7).

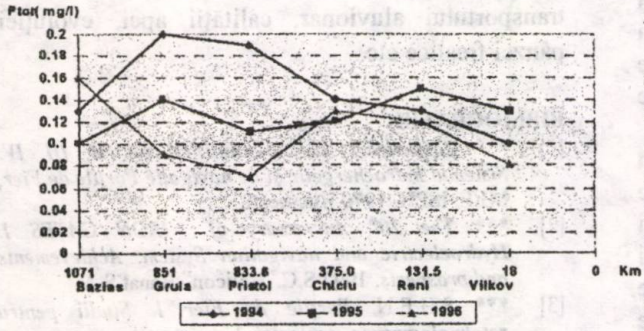


Fig. 7. Valori medii anuale ale indicatorului Pt 1994 - 1996.

Atât la azot, cât şi la fosfor, valorile maxime depăşesc valorile admisibile STAS 4706/88. Referitor la alte tipuri de poluare: plumb, cadmiu, zinc, cianuri etc., valorile înregistrate se situează sub limitele admisibile.

Fitoplanctonul. Se observă caracterul fluviatil al fitoplanctonului, iar în golfuri apare caracterul lacustru tot mai pronunţat.

Zooplanctonul înregistra în 1980 o diversitate specifică mare (100 taxoni), valorile maxime înregistrându-se în zona de golf şi mal. Zooplanctonul reprezintă o bază trofică în ihtiofauna lacului de acumulare.

*

Din analiza situaţiei până în prezent se pot trage următoarele concluzii:

- indiferent de condiţiile curgerii, valorile deficitului de O_2 dizolvat înregistrate în zona amenajată se datoresc, în primul rând, proceselor de consum al substanţei organice ce intră în secţiunea Baziaş şi proceselor interne: poluarea suplimentară şi consumul de oxigen realizat la nivel bental (al sedimentelor) şi în procesul de nitrificare;

- situaţia actuală a regimului oxigenului dizolvat impune luarea de măsuri pentru reechilibrarea balanţei oxigenului, în vederea protecţiei calităţii apei Dunării în zona lacurilor Porţile de Fier şi în amonte;

- prevenirea sau diminuarea poluării actuale a apelor Dunării în zona amonte Baziaş şi a lacurilor de acumulare constituie soluţia optimă, aceasta înscriindu-se în prevederile legislaţiei naţionale şi internaţionale privitoare la calitatea apelor uzate provenite din industrie, agricultură, aşezări urbane etc.;

- construirea de noi staţii de tratare a apelor uzate, punerea în funcţiune a celor existente şi aducerea la parametrii de proiect a celor ce funcţioncază.

2.3.2. Ihtiofauna

Bararea Dunării în 1972 (Porţile de Fier I) şi apoi în 1985 (Porţile de Fier II) a dus la antropizarea sectorului românesc cuprins între Baziaş şi Timok, iar timpul scurs de la primul impact 1966 – începerea execuţiei – până în prezent duce la concluzia existenţei unei situaţii stabilizate din punct de vedere ecologic.

Ihtiofauna lacurilor de baraj Porţile de Fier I şi II provine din ihtiofauna Dunării dinainte de barare şi este în strânsă dependenţă cu noile condiţii biotice şi abiotice, oferite de lacurile de acumulare.

Unele dintre specii sunt tipic reofile: cega (Acipenser ruthens), avatul (Aspius aspius), cosacul cu bot turtit (Abramis sapa), răsparul (Accrina schraester).

Altele prezintă numai tendinţe reofile, rămânând generativ stagnofile: vaduviţa (Leuciscus idus), somnul (Silurus glanis), plătica (Abrmis brama), săbiţa (Pelecus cultratus), crapul (Ciprinus carpio), cosacul (Abramis ballerus), batca (Blieea bjorkna), obletul (Alburnus alburnus), babuşca (Rutilus rutilus), roşioara (Scardinus erytrophtalmus), iar altele sunt tipic stagnofile: biban (Perca fluviatilis), caras argintiu (Carassius auratus gibelio).

Mreana (Barbus barbus), prezentă în mare parte în porţiunea de aval de Porţile de Fier II, apare rar, deşi era o specie dominantă înainte de barare. Pentru reproducere, mreana migrează în partea superioară a râurilor, la apa mai curată în regiunea de munte.

Dintre Acipenseride, numai cega (Acipenser ruthens) se mai găseşte foarte rar în cele două

lacuri de acumulare, deşi înainte de barare era destul de frecventă pe sectorul Baziaş – Turnu Severin, scăzând de la 2,34% - 6,55% în 1968 la 0,1% în 1973. Biotopul cegii a fost restrâns prin construirea barajului în regiunea Şviniţa, Berzeasca, Moldova Veche şi Baziaş. Împuţinarea populaţiilor de cegă pare a nu fi legată de variaţiile de nivel ale lacului (întrucât îşi depune icrele la aproximativ 10 m), ci mai degrabă de distrugerea biotopului ei natural reprezentat de lacurile adânci cu fundul tare (pietros sau argilos), precum şi de reducerea carofiidelor – hrana principală a cegii. Celelalte acipenseride (morun, nisetru, păstrugă) care sunt migratoare anadrome (migrează din mare în susul Dunării pentru a se reproduce) nu mai reuşesc să treacă de construcţiile hidroenergetice de la Porţile de Fier II.

Somnul (Silurus glanis) – specie mai mult de apă curgătoare - trăieşte însă permanent şi în ape stătătoare. Se reproduce din a doua jumătate a lunii aprilie până la sfârşitul lunii mai, icrele le depune în apa puţin adâncă pe plante, perioada de incubaţie fiind de 3-4 zile.

Zonele de reproducere a peştilor sunt influenţate de variaţiile de nivel zilnic (datorate regimului de exploatare); cele mai mari variaţii apar de obicei la debite mari, iar acestea apar mai ales în perioada de primăvară; probabilitatea de apariţie a fenomenului este mare în perioada de reproducere a peştilor. Excluzând unele cazuri: zona Hinova, Bistriţa, gura de vărsare a Topolniţei şi balta Schelei, de exemplu mai-iunie 1995 – situaţie de excepţie - şi lacul Porţile de Fier I, astfel de fenomene au fost constatate în primăvara anilor '92-'94 între km 1006-1032, afectând în special icrele de şalău, şi în februarie 1996.

Concluzii

În sensul diminuării sau eliminării impactului nefavorabil produs de amenajările hidroenergetice asupra mediului sunt necesare:

- Continuarea lucrărilor la investiţiile aflate deja în derulare: "*Lucrări de combatere a eroziunii malurilor în lacurile de acumulare Porţile de Fier II, ca urmare a explotării SHEN Porţile de Fier I*" şi "*Apărarea terenurilor riverane de la SHEN Porţile de Fier I, ca urmare a ridicării retenţiei la Gura Nerei la cota 70,30 md.M.A.*", care prevăd lucrări de protecţie a malurilor în zonele afectate de eroziuni.
- Luarea de măsuri ferme, potrivit legii 137/95, împotriva poluatorilor locali: Romag, CET Drobeta Tr. Severin, SECOM, CEROM, Şantierul Naval Tr. Severin şi Orşova, EGO, Întreprinderea minieră Moldova-Nouă, diminuarea poluării fiind o condiţie esenţială pentru creşterea capacităţii de autoepurare a apei.
- Limitarea variaţiilor de nivel în perioada de reproducere a peştilor (15 aprilie- 15 iunie).
- Elaborarea unor studii biologice de specialitate privind situaţia actuală a populaţiei de peşte din lacuri, a biocenozelor din zona de mal supusă variaţiilor de nivel, precum şi a calităţii apei – studii ce se vor realiza în cadrul bilanţului de mediu.
- Realizarea unor măsurători topobati-metrice ale malurilor pentru a se putea aprecia impactul variaţiilor de nivel asupra acestor porţiuni.
- Monitorizarea SHEN Porţile de Fier I şi II din punctul de vedere al parametrilor biotici, transportului aluvionar, calităţii apei, evoluţiei pânzei freatice etc.

BIBLIOGRAFIE

[1] *** *Comunicări tehnico-ştiinţifice vol. II, III, IV. Sistemul hidroenergetic şi de navigaţie Porţile de Fier*, MEE, ISPH, 1970 Bucureşti.

[2] *** *The 20th Aniversary of IRON GATES I. Hydroelectric and navigation System. Achievements and prospects*. 1992 S.C."Helicon" Banat S.A.

[3] *** S.H.E.N. *Porţile de Fier I. Studii pentru retehnologizarea centralei hidroelectrice române cu mărirea puterii instalate. Studiu de evaluare globală a impactului asupra mediului*, I.S.P.H., mai 1996, Bucureşti.

[4] Popescu, M., Popescu, M. *Ecologie generală*, UTCB, 1992, Bucureşti

[5] Bondar, C. *Scurgerea aluviunilor în suspensie şi tarate pe Dunare în sectorul Drobeta Turnu Severin – Isaccea în perioada 1948-1982*. In: Hidrotehnica, vol.31, nr.11, 1986, Bucureşti.

[6] Gruia, E. *Situaţia actuală şi de perspectivă a calităţii apei lacurilor de acumulare Porţile de Fier I şi II*. In: Hidrotehnica, vol.34, nr.4, 1989, Bucureşti.

[7] Gruia, E. *Cauzele deficitului de oxigen în apa Dunării – zona lacurilor Porţile de Fier*. In: Hidrotehnica , vol.36, nr.7, 1991, Bucureşti.

[8] Gruia, E. *Procese de autoepurare în lacurile de acumulare Porţile de Fier I şi II*. In: Hidrotehnica, vol.38, nr. 8, 1993, Bucureşti.

[9] Manea, Gh. *Depoluarea Dunării – Oportunitate pentru industria constructoare de maşini din România*. In: Ecologie industrială, nr.12, 1996, Bucureşti.

[10] Energy and Environmental Impacts and Controls, UN-DTCD, 1990

[11] *Situaţii statistice, date şi analize de specialitate ICIM.*, Regia autonomă "Apele Române", GPEET, Bucureşti.

Referent: dr. ing. Gheorghe Luca - ISPH

(Primit la 4 august 1997, acceptat la 28 octombrie 1997)

PROCESE DE DIZOLVARE ÎN ROCI SALIFERE ŞI CONSECINŢELE LOR DE MEDIU. STUDIU DE CAZ PRIVIND ZONA BARAJULUI RACOVA (VALEA BISTRIŢEI, BAZINUL SIRET, ROMÂNIA)

ing. SORIN MIHAI*

Finalizarea, în anul 1965, a barajului şi a acumulării Racova de pe valea Bistriţei, în condiţiile existenţei unei roci de fundaţie cu bogat conţinut salifer a declanşat, în zona acestei amenajări hidroenergetice, o serie de procese de dizolvare şi procese asociate. Acestea au creat probleme privind exploatarea şi siguranţa amenajării, conducând, în cele din urmă, la hotărârea de dezafectare a barajului şi acumulării Racova. Prin impactul direct sau indirect pe termen lung asupra unor componente de mediu, decizia privind amplasarea unora din obiectivele principale ale amenajării hidroenergetice Racova s-a dovedit a fi neinspirată.

In 1965 the works at the Racova dam and storage on the Bistriţa river valley were concluded. The fact that the hydroelectrical development was carried out in a place where the foundation rocks had a rich saliferous content caused a series of dissolving processes and associated ones. These processes made its operation difficult and had a direct or indirect impact on certain environment components. On long term, the decision concerning the Racova storage location proved an - inspired.

Descriptori: barajul Racova, acumularea Racova, roci salifere, procese de dizolvare, goluri de dizolvare, dezafectarea barajului şi acumulării Racova, consecinţe de mediu, valea Bistriţei, România

1. Zona barajului Racova - localizare, caracteristici tehnice, geologice, geomorfologice, hidrologice şi hidrogeologice

Barajul şi acumularea Racova sunt amplasate în valea Bistriţei, afluent dreapta al râului Siret (fig.1). Barajul face parte din amenajarea complexă hidroenergetică a râului Bistriţa în sectorul din aval de oraşul Piatra Neamţ, sector care cuprinde un număr de nouă hidrocentrale, dintre care patru prezintă acumulări proprii .

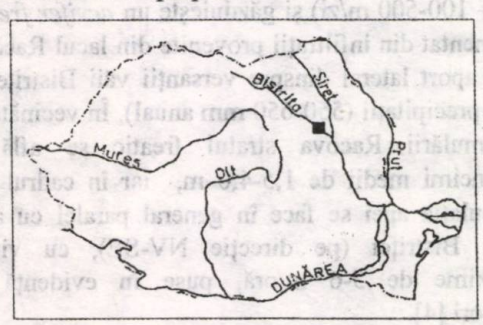


Fig.1. Poziţia acumulării Racova.

Caracteristici tehnice

Amenajarea hidroenergetică Racova, pusă în funcţiune în anul 1965, cuprinde următoarele componente (fig.2) [5]:

- **barajul** de tip stăvilar, cu o înălţime de 20 m şi o lungime la coronament de 82 m, având patru câmpuri deversoare de 16 m deschidere fiecare ;

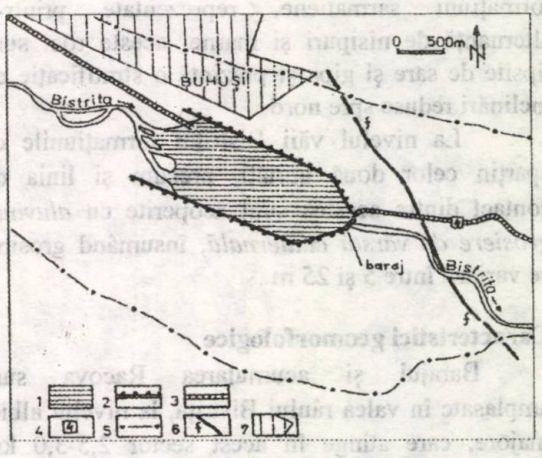


Fig. 2. Amenajarea hidroenergetică Racova.

- **digurile laterale,** care realizează conturul lacului şi au o lungime totală de peste 6 km şi înălţimi maxime de 10 m ;

- **lacul de acumulare** cu un nivel normal de retenţie de 210 md.M. şi un volum actual de 3,74 mil. m^3 (procentul de colmatare este de

* Institutul de Studii şi Proiectări Hidroenergetice, Bucureşti

aproximativ 57 %); prezintă o suprafaţă de circa 200 ha, o lungime de peste 2,5 km şi o lăţime medie de 900 m ;

- **canalul de derivaţie,** ce porneşte din lacul de acumulare din imediata vecinătate a barajului şi are o lungime de circa 1200 m ;

- **centrala hidroelectrică Racova,** situată pe canalul de derivaţie, având un debit instalat de 180 m^3/s şi o putere instalată de 23 MW .

Caracteristici geologice

Barajul Racova a fost ridicat la circa 1 km vest de o linie tectonică principală - *falia pericarpatică*, cu o orientare generală în sectorul Racova NV-SE (fig.2). Aceasta pune în contact două unităţi geologice majore [3] :

- la vest (zona în care sunt amplasate barajul şi acumularea Racova) *unitatea subcarpatică*, ce cuprinde în sectorul Racova formaţiuni tortoniene reprezentate prin marne, marne nisipoase, grezoase şi argiloase, gresii şi nisipuri; aceste roci conţin frecvent sare şi gips, au o stratificaţie foarte neregulată şi sunt puternic cutate şi tectonizate. Datorită marii eterogenităţi a datelor de foraj din acest sector este dificil de stabilit o structură corelativă, care să susţină un anumit tipar de sedimentare sau sistem de cutare ;

- la est (zona în care se află centrala hidroelectrică Racova) *unitatea Platformei Moldoveneşti*, ce cuprinde în sectorul Racova formaţiuni sarmatiene, reprezentate printr-o alternanţă de nisipuri şi marne; aceste roci sunt lipsite de sare şi gips şi prezintă o stratificaţie cu înclinări reduse spre nord.

La nivelul văii Bistriţei formaţiunile ce aparţin celor două unităţi, precum şi linia de contact dintre acestea sunt acoperite cu *aluviuni grosiere de vârstă cuaternală*, însumând grosimi ce variază între 5 şi 25 m .

Caracteristici geomorfologice

Barajul şi acumularea Racova sunt amplasate în valca râului Bistriţa, la nivelul albiei majore, care atinge în acest sector 2,5-3,0 km lăţime şi se situează la 200-215 md.M. În cadrul acesteia există trei trepte cu altitudini relative de 0,5-4,0 m - terase de luncă [1].

Barajul este poziţionat pe traseul albiei minore, iar lacul de acumulare se întinde în amonte de baraj pe circa 2,5 km, acoperind complet fosta albie minoră a Bistriţei.

La contactul cu versanţii văii Bistriţei, în vecinătatea barajului şi a acumulării Racova, există mai multe conuri de dejecţie ale unor afluenţi ai Bistriţei .

Culmile deluroase care încadrează valea Bistriţei în sectorul Racova depăşesc 300-350 md.M. şi aparţin unităţii geomorfologice a Subcarpaţilor Moldovei.

Caracteristici hidrologice

Barajul Racova a fost amplasat într-o secţiune în care râul Bistriţa prezenta în regim natural un *debit mediu multianual de circa 57 m^3/s* [2].

După amenajarea hidroenergetică a râului Bistriţa, în aval de oraşul Piatra Neamţ (finalizată în 1965), cea mai mare parte a debitelor sunt tranzitate prin canalul de derivaţie, care porneşte din lacul Reconstrucţia (situat lângă oraşul Piatra Neamţ, la circa 35 km în amonte de barajul Racova) şi se varsă în lacul Racova, fiind preluate apoi de canalul de derivaţie al centralei hidroelectrice Racova.

Prin albia naturală a Bistriţei în amonte şi în aval de acumularea Racova se scurge un debit mediu anual sub 10 m^3/s, provenit din debitul de servitute asigurat pe valea Bistriţei în aval de Piatra Neamţ şi din apele afluenţilor din zona subcarpatică.

Caracteristici hidrogeologice

În zona barajului şi a acumulării Racova s-au identificat două unităţi hidrogeologice majore [6]:

- prima, corespunzătoare depozitelor aluvionare grosiere ale văii Bistriţei, cuprinde formaţiuni cu o permeabilitate foarte mare (k = 100-500 m/zi) şi găzduieşte un *acvifer freatic* alimentat din infiltraţii provenite din lacul Racova, din aport lateral dinspre versanţii văii Bistriţei şi din precipitaţii (550-650 mm anual). În vecinătatea acumulării Racova stratul freatic se află la adâncimi medii de 1,5-4,0 m, iar în cadrul său circulaţia apei se face în general paralel cu axul văii Bistriţei (pe direcţie NV-SE), cu viteze maxime de 5-6 m/oră, puse în evidenţă cu trasori [4].

- a doua corespunde depozitelor tortoniene aflate sub depozitele aluvionare cuaternare şi găzduieşte un *acvifer de adâncime* cantonat în straturi cu permeabilitate de porozitate sau fisuraţie (k = 0,5-2 m/zi) accentuată de procesele de dizolvare a sării sau gipsului. Acest strat acvifer

este alimentat prin infiltraţii provenind din lacul de acumulare sau din acviferul aluvionar cuaternar şi se află sub presiune (fapt pus în evidenţă de caracterul ascensional sau artezian al apelor acestui acvifer interceptate prin foraje). Direcţia de circulaţie a apei este, în general, similară cu cea din acviferul freatic (NV-SE), iar viteza în zona barajului Racova, evidenţiată prin experienţe cu trasori, variază între 1 şi 7,5 m/oră [4].

2. Premise ale apariţiei proceselor de dizolvare în zona barajului Racova - factori pasivi şi declanşatori

2.1. Factori pasivi

a. Factorul litologic (fig.3).

Studiile efectuate prin foraje ce au coborât până la adâncimi de 60-70 m sub cota terenului au evidenţiat sub stratul de aluviuni cinci tipuri majore litologice în amplasamentul barajului Racova şi în vecinătatea acestuia, în zona digului mal drept [3] :

- un complex *marnos* cu o grosime de 10-20 m, situat la partea superioară a terenului, sub talpa barajului, şi reprezentat prin marne vinete cu frecvente incluziuni de *sare* şi *gips* pe fisuri sau pe stratificaţie ;

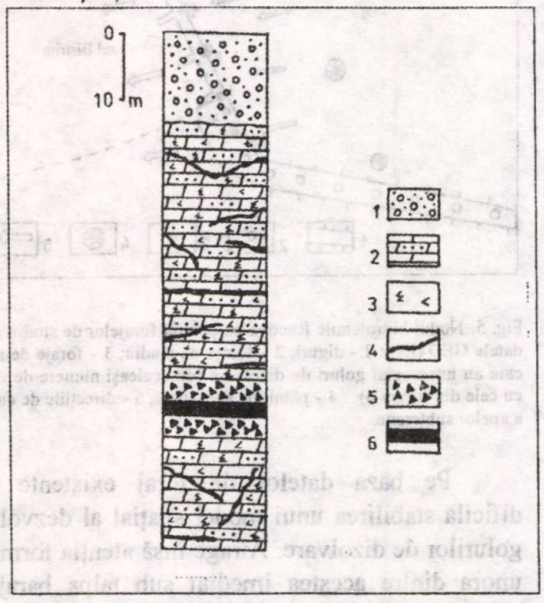


Fig. 3 . Coloana litologică schematică pentru amplasa-mentul barajului Racova (după datele I.S.P.H. şi GEOTEC):
1- aluviuni cuaternare; 2 - complex marno-grezos; 3 - sare şi gips sub formă de noduli; 4 - sare şi gips pe diaclaze şi feţe de stratificaţie; 5 - brecia sării; 6 - strat compact de sare gemă.

- un complex *grezo-marnos* cu o grosime de 15-25 m, constituit din gresii marnoase sau marne grezoase cenuşii, cu incluziuni de *sare* şi *gips* pe diaclaze sau pe stratificaţie ;

- straturi lentiliforme de *brecia sării* cu grosimi de 0,5-7 m, reprezentate printr-o brecie marnoasă, cu fragmente de gresii, *sare* şi *gips* ;

- straturi de *nisipuri marnoase salifere*, parţial *gipsifere*, cu grosimi de 1-3 m şi intercalaţii subţiri de marne şi gresii ;

- strat lentiliform de *sare gemă* cu o grosime de 2 m, identificat ca intercalaţie într-un complex de brecia sării.

Se observă că toate aceste tipuri litologice prezintă conţinut de sare şi gips. Practic, forajele din amplasamentul barajului Racova au interceptat, pe cel puţin 80-90% din adâncimea forată, rocă cu conţinut salifer şi gipsifer, sub formă de cristale diseminate, noduli, lentile, diaclaze, straturi. Pe seama dizolvării unor straturi de sare gemă este pusă formarea majorităţii cavităţilor interceptate de foraje.

Studiile geologice prin foraje au dus la concluzia că, imediat la nord de barajul Racova, începând de la amplasamentul digului mal stâng, rocile tortoniene predominant marnoase sunt lipsite de conţinut de sare şi prezintă numai gips diseminat în masa lor.

b. Factorul structural-tectonic

Datele de foraj privind amplasamentul barajului Racova şi al digului mal drept în vecinătatea barajului indică o situaţie tectonică complicată, cu cutări şi falieri pe distanţe mici şi înclinări variabile ale straturilor, cu valori în general mici (1-10°), putând atinge însă şi 80-90° în cazul unor straturilor grezoase din zona digului mal drept. Această situaţie este datorată învecinării cu linia de dislocaţie tectonică majoră reprezentată prin *falia pericarpatică* (orientată în zona Racova aproximativ NV-SE), căreia i se asociază o serie de *falii de sprijin*, dispuse perpendicular sau oblic pe aceasta.

Deşi prezenţa faliilor este o certitudine, nu s-a putut face cu precizie localizarea lor în spaţiu pe baza datelor de foraj [3].

Datele de foraj privind amplasamentul digului mal stâng indică o stratificaţie predominant orizontală a rocilor marnoase din acest sector şi o absenţă a tectonizării intense specifice amplasamentului barajului şi digului mal drept.

2.2. Factorul declanşator al procesului de dizolvare

Studiile efectuate prin foraje în perioada anterioară construirii barajului Racova au

evidenţiat caracterul salifer al rocii de fundaţie, dar nu au dus la constatarea existenţei unor procese de dizolvare în amplasamentul barajului.

Deşi în momentul realizării excavaţiilor atingerea rocii tortoniene a determinat apariţia unor izvoare ascensionale sau arteziene cu apă sărată, se poate afirma că, în regim natural, acviferul freatic din aluviunile cuaternare şi cel sub presiune din rocile tortoniene nu se aflau într-o conexiune hidraulică strânsă (apele freatice nu prezentau conţinut de săruri), iar sursele lor de alimentare în zona Racova erau diferite.

Factorul principal declanşator al proceselor de dizolvare la nivelul rocilor tortoniene l-a constituit apariţia *lacului de acumulare Racova*. Acesta a determinat mărirea gradientului hidraulic la nivelul acviferului freatic (prin instalarea unei coloane de apă cu adâncimea maximă de circa 8 m în amonte de barajul Racova) şi a dus la posibilitatea deschiderii unor căi de circulaţie a apelor subterane prin rocile tortoniene tectonizate din amplasamentul barajului, pe baza unei alimentări intense dinspre lacul de acumulare şi acviferul freatic.

Intensificarea circulaţiei apei la nivelul rocilor tortoniene a fost favorizată de gradul ridicat de fisurare şi faliere al acestor roci şi de dizolvarea progresivă a sării dispusă în straturi subţiri sau pe fisuri şi diaclaze (dizolvarea gipsului este mult mai redusă).

În zona barajului Racova s-a stabilit o circulaţie a apei subterane dinspre lac spre acviferul freatic şi mai departe prin rocile tortoniene, cu descărcare în aval de baraj în acviferul freatic sau la suprafaţă prin izvoare la nivelul albiei Bistriţei (fig. 4).

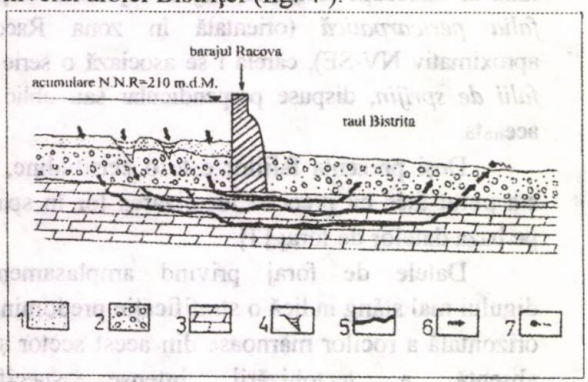


Fig . 4. Circulaţia apei subterane în zona amplasamentului barajului Racova - secţiune schematică: 1 - depozite fine de colmatare în cuveta lacului de acumulare; 2 - aluviuni cuaternare; 3 - complex marno-grezos cu conţinut salifer şi gipsifer ; 4 - pâlnii de sufoziune; 5 - trasee de circulaţie ale apelor subterane prin conducte şi goluri de dizolvare; 6 - direcţii ale circulaţiei apelor subterane; 7 - izvor sărat.

3. Forme de dizolvare şi procese şi forme asociate acestora în zona barajului Racova

Existenţa unor *goluri de dizolvare* a fost pusă în evidenţă numai în zona barajului Racova, în jumătatea sudică a acestuia şi în imediata sa vecinătate în digul mal drept, într-un număr de cinci foraje realizate în 1995 (fig.5) [3] . Aceste goluri au, în general, înălţimi cuprinse între 0,5 şi 1,5 m şi prezintă o distribuţie neuniformă în spaţiu, cu o frecvenţă mai mare pe primii 5-10 m sub talpa barajului (fig. 6).

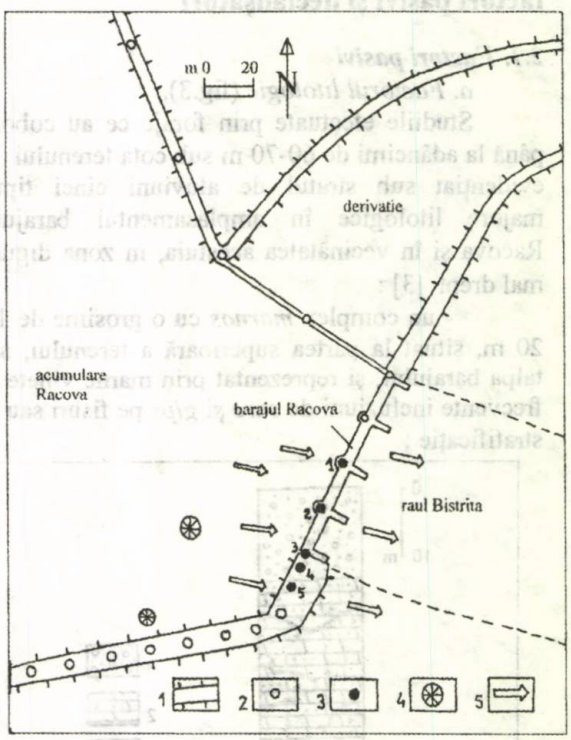


Fig. 5. Nodul hidrotehnic Racova cu poziţia forajelor de studiu (după datele GEOTEC): 1 - diguri; 2 - foraje de studiu; 3 - foraje de studiu care au interceptat goluri de dizolvare (cu aceleaşi numere de ordine cu cele din figura 6) 4 - pâlnii de sufoziune; 5 - direcţiile de curgere a apelor subterane.

Pe baza datelor de foraj existente este dificilă stabilirea unui model spaţial al dezvoltării golurilor de dizolvare. Atrage însă atenţia formarea unora dintre acestea imediat sub talpa barajului (forajele 2 şi 3 - numărul forajelor conform cu cel din figurile 5 şi 6) şi înălţimea mare (7 m) a unui gol interceptat la circa 50 m sub nivelul suprafeţei terenului (forajul 3) (fig. 6).

Apariţia acestor goluri este pusă în special pe seama dizolvării unor straturi de sare, dar poziţionarea lor frecventă între straturi marnoase şi

grezoase (uneori chiar nisipoase) intens tectonizate nu exclude asocierea unor procese de sufoziune mecanică în rocile nedizolvabile.

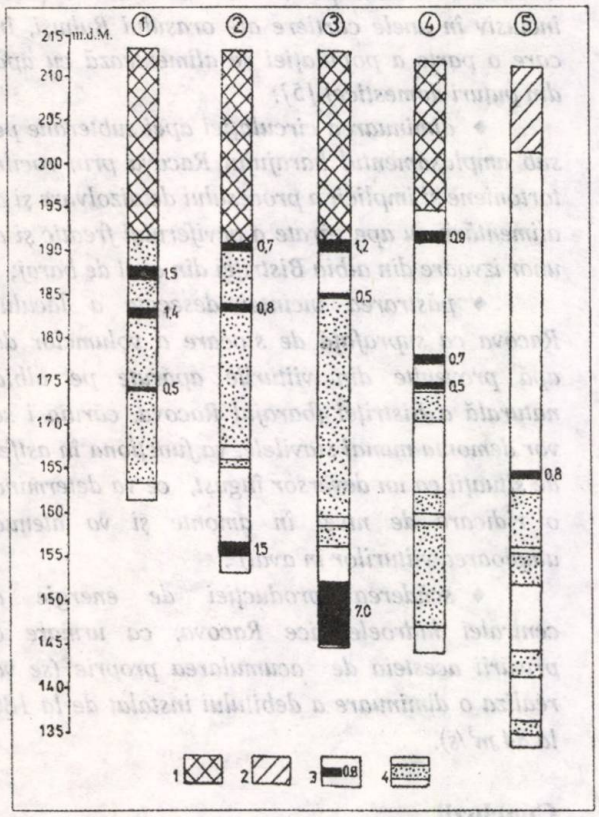


Fig. 6. Forajele de studiu care au interceptat goluri de dizolvare (după datele GEOTEC): 1 - structură baraj; 2 - structură dig; 3 - goluri de dizolvare (înălțimea în metri); 4 - rocă afectată de fenomene de dizolvare (cu microgoluri).

La nivelul acestor goluri s-a pus în evidență o circulație sub presiune a apei (dovedită de caracterul ascensional sau artezian al apelor din foraje). Localizarea lor preferențială sub barajul Racova a fost determinată, probabil, de maximumul gradientului hidraulic impus de către lacul de acumulare în acest sector acviferelor cuaternar și tortonian, fapt ce a condus la cea mai intensă circulație a apei subterane și implicit la cel mai intens proces de dizolvare.

Condițiile favorabile pentru circulația apei la nivelul rocilor tortoniene au determinat și apariția unor *microgoluri de dizolvare* (de ordinul centimetrilor), foarte frecvente în diaclazele umplute cu sare din rocile marnoase și grezoase sau în stratele de brecia sării.

Dezvoltarea circulației apei prin goluri și conducte de dizolvare dinspre lacul Racova spre aval a favorizat apariția unor puncte concentrate de pierdere a apei în lacul de acumulare. Antrenarea unei părți din materialul aluvionar cuaternar (fracția nisipoasă) în golurile apărute în rocile tortoniene de dedesubt a dus la formarea unor *pâlnii de sufoziune* în cuveta lacului. Acestea au fost identificate, cu ocazia golirii lacului de acumulare în 1994, în vecinătatea digului mal drept, la distanțe de câteva zeci de metri de barajul Racova (fig. 5). Sunt în număr de două și prezintă diametre variind între 2-6 m și adâncimi de 1-2 m.

Preluarea, în circulația apelor subterane din rocile tortoniene, a sării dizolvate a condus la apariția *fenomenului de sărăturare a unor ape de suprafață și subterane*. Este vorba de ape freatice interceptate în foraje și de izvoare apărute în albia Bistriței pe circa 500 m în aval de barajul Racova. Pe aceeași porțiune, apa Bistriței a marcat o creștere a concentrației de săruri de 10-20 de ori față de situația anterioară construirii acumulării, atingând 1-2 g/l.

4. Consecințele proceselor de dizolvare din zona barajului Racova asupra mediului

Procesele de dizolvare apărute în zona barajului Racova se datorează, exclusiv, formării lacului de acumulare într-o zonă cu un context geologic favorabil dezvoltării unor astfel de procese. Anterior umplerii lacului (1965) echilibrul natural hidrogeologic al zonei nu oferea condiții pentru astfel de procese.

Consecințele acestor procese asupra mediului pot fi împărțite în două categorii :

a) Prima, decurge direct din evoluția în timp a proceselor de dizolvare și cuprinde ca aspecte esențiale :

1. *Degradarea calității rocii de fundație a nodului hidrotehnic Racova, cu efect direct asupra stabilității barajului și a digului mal drept.Cel mai important aspect legat de această evoluție îl constituie decizia de dezafectare a barajului și acumulării Racova.*

Datorită greutății exercitate de nodul hidrotehnic asupra rocii de fundație cu proprietăți mecanice subminate prin formarea golurilor de dizolvare, au apărut fisuri cu deschideri de ordinul centimetrilor în corpul barajului și tasări în materialul digului mal drept, în vecinătatea

barajului, cu valori maxime cumulative de aproape 1 m .

Evoluţia neritmică, dar continuă, pe un interval de timp mai mare de 30 de ani a acestor fenomene negative nu a putut fi stopată, ci numai atenuată temporar pe intervale mici de timp prin diferite lucrări de etanşare şi consolidare a rocii de fundaţie (prin injecţii în foraje), prin lucrări de umplere a fisurilor din baraj sau de refacere a digului în porţiunile afectate de procese de tasare.

În acest context şi pe fondul unei accelerări după 1990 a acestor procese negative s-a luat hotărârea **dezafectării barajului şi a acumulării Racova,** datorită scăderii periculoase a siguranţei în exploatare a amenajării (1996).

Pentru asigurarea continuităţii schemei de amenajare hidroenergetică a Bistriţei în sectorul Racova s-a realizat, în cadrul I.S.P.H.-Bucureşti (1996), un proiect de modificare a vechii scheme, care prevede realizarea unei prelungiri a canalului ce preia debitele uzinate de centrala hidroelectrică Buhuşi (situată în amonte) şi racordarea la canalul ce porneşte în prezent din acumularea Racova şi alimentează centrala hidroelectrică Racova. Noul segment de canal hidroenergetic va fi construit prin interiorul actualului lac Racova, urmând să încorporeze digul mal drept al acumulării.

Punerea în aplicare a proiectului necesită finanţarea din partea beneficiarului lucrării (RENEL). Dacă acesta va aloca fondurile necesare lucrările ar putea începe în următorii 1-2 ani.

2. *Modificări ale chimismului apelor de suprafaţă şi subterane în amplasamentul barajului Racova şi aval de acesta .*

Acestea constau, în principal, în creşterea semnificativă a conţinutului de săruri în apele de suprafaţă şi subterane în zona albiei minore a Bistriţei, în aval de barajul Racova.

b) A doua categorie de consecinţe de mediu cuprinde principalele implicaţii ale dezafectării barajului şi acumulării Racova. Acestea se vor manifesta imediat după punerea în funcţiune a noii scheme de amenajare sau se vor resimţi pe un interval de timp mai lung, în care se va produce o "acomodare" a unora din componentele de mediu cu funcţiile noii scheme de amenajare. Această categorie cuprinde :

- *dispariţia ameninţării potenţiale care decurge din scăderea siguranţei în exploatare a schemei actuale ;*
- *modificări ale regimului stratului freatic, ca urmare a dispariţiei lacului de acumulare, în special în sensul scăderii nivelului mediu anual cu circa 1-1,5 m în zonele din albia majoră a Bistriţei învecinate lacului pe o rază de 1-2 km (deci inclusiv în unele cartiere ale oraşului Buhuşi, în care o parte a populaţiei se alimentează cu apă din puţuri domestice) [5];*
- *diminuarea circulaţiei apei subterane pe sub amplasamentul barajului Racova prin rocile tortoniene şi implicit a procesului de dizolvare şi a alimentării cu ape sărate a acviferului freatic şi a unor izvoare din albia Bistriţei din aval de baraj;*
- *păstrarea incintei desecate a lacului Racova ca suprafaţă de stocare a volumelor de apă provenite din viiturile apărute pe albia naturală a Bistriţei (barajul Racova, căruia i se vor demonta numai stavilele, va funcţiona în astfel de situaţii ca un deversor îngust, ce va determina o ridicare de nivel în amonte şi va atenua amploarea viiturilor în aval) ;*
- *scăderea producţiei de energie a centralei hidroelectrice Racova, ca urmare a privării acesteia de acumularea proprie (se va realiza o diminuare a debitului instalat de la 180 la 84 m^3/s).*

Concluzii

Barajul şi acumularea Racova au fost realizate într-o zonă cu o geologie improprie unor astfel de amenajări.

Varianta amplasamentului actual era cea mai atractivă în comparaţie cu alte patru soluţii propuse, în condiţiile în care permitea obţinerea celei mai mari producţii de energie în hidrocentrala Racova. Avantajul economic care decurgea din această situaţie era considerat net superior costurilor necesare pentru remedierea problemelor pe care le-ar fi putut cauza roca de fundaţie. Aceste probleme au fost anticipate ca reduse şi rezolvabile.

Disfuncţionalităţile apărute chiar în primii ani după punerea în exploatare şi amplificate pe parcurs au necesitat continuu fonduri pentru diferitele lucrări de reparaţii. Acestea nu au reuşit să oprească degradarea progresivă a rocii de fundaţie.

În cele din urmă, riscurile majore determinate de procesele de dizolvare a rocii de fundaţie au condus la **decizia radicală a dezafectării nodului hidrotehnic Racova**, decizie care implică renunţarea la acumularea Racova şi transformarea centralei hidroelectrice Racova în centrală pc derivaţie, fără acumulare proprie.

Pe termen lung, consecinţele de mediu ale problemelor de la barajul Racova se dovedesc a fi nefavorabile din punctul de vedere al eficienţei economice. În consecinţă, justeţea soluţiei de amplasare hotărâte la începutul anilor '60 a fost infirmată.

BIBLIOGRAFIE

[1]Donisă, I. (1968) *Geomorfologia văii Bistriţei*. Ed. Academiei, Bucureşti.

[2]Au fost consultate şi următoarele lucrări nepublicate:

[3] *Bazinul Bistriţei-Referat privind debitele medii*, lucrare internă I.S.P.H.-Bucureşti, 1978.

[4] * * * *Studiu geologic-hidrogeologic şi geotehnic pentru proiectul de remediere baraj Racova*; GEOTEC-Bucureşti, 1995.

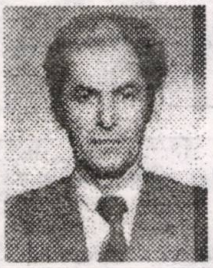
[5] * * * (1995) *Studiu hidrogeologic cu trasori în zona lacului de acumulare Racova. Et. I si II*; I.F.I.N.-Bucureşti, 1995.

[6] * * * *Analiza influenţei transformării integrale a U.H.E. Racova în centrală pe derivaţie fără acumulare proprie asupra pânzei freatice*; lucrare internă I.S.P.H. - Bucureşti,

Referent: dr. ing. Gheorghe Luca - ISPH, Bucureşti

(Primit la 8 octombrie 1997, acceptat la 3 noiembrie 1997)

DE PERSONIS



ING. NICOLAE NICULESCU

D-l inginer Nicolae Niculescu, consilier la Institutul de Studii şi Proiectări Energetice - ISPE, s-a născut în Bucureşti la 5 august 1932.

A urmat cursurile Facultăţii de Energetică la Institutul Politehnic Bucureşti, specialitatea termoenergetică.

De la absolvire şi până în prezent şi-a desfăşurat activitatea în cadrul ISPE, unde s-a format ca specialist şi a dobândit o vastă experienţă şi notorietate în domeniul alimentării cu căldură.

În calitate de şef de atelier, apoi şef de secţie termoficare la ISPE, a elaborat, îndrumat şi coordonat activitatea de proiectare şi urmărire în funcţionare a majorităţii sistemelor de termoficare din România. În acest sens sunt remarcabile realizările sistemelor de termoficare ale oraşelor Bucureşti, Brazi - Ploieşti, Craiova etc.

În contextul colaborărilor internaţionale a coordonat o serie de proiecte de cercetare-dezvoltare în diferite colective mixte, ţara noastră devenind astfel cunoscută ca un promotor al soluţiei termoficării din sud-estul Europei. Ca semn al recunoaşterii competenţei şi valorii sale profesionale a fost cooptat în diverse organisme ştiinţifice interne şi internaţionale. În prezent d-l ing. Nicolae Niculescu este membru al Study Committee for Nomenclature and Statistics - Euroheat & Power, unichal .

În paralel cu activitatea practică, a publicat peste 140 de lucrări ştiinţifice în diferite reviste de specialitate.

Inginerul Nicolae Niculescu este vecepreşedinte al Societăţii de Termoenergetică şi Termoficare şi în această calitate a contribuit la organizarea Conferinţei Naţionale de Termoenergetică şi Termoficare, manifestare ştiinţifică ajunsă la cea de a XXIV - a ediţie, fiind unul din pilonii de bază ai acestuia.

Personalitate multiplă, ing. Nicolae Niculescu activează şi în învăţământ, fiind profesor asociat la Facultatea de Energetică din Universitatea "POLITEHNICA" Bucureşti şi la Facultatea de Instalaţii din Universitatea Tehnică de Construcţii-Bucureşti.

Întreaga activitate a domniei-sale poate fi caracterizată prin cuvintele: muncă, competenţă, rigoare ştiinţifică şi dorinţă continuă de autodepăşire.

. Din anul 1984 este membru al Biroului de redacţie al revistei Energetica, iar între anii 1992-1993 a fost secretar ştiinţific, contribuind la ridicarea nivelului ştiinţific şi creşterea prestigiului naţional şi internaţional al publicaţiei. De asemenea, a susţinut practic orientarea profilului revistei spre problemele majore ale energeticii de azi, probleme care trezesc interesul cititorilor.

Cu ocazia aniversării sale, redacţia revistei Energetica, al cărui colaborator fidel este şi în prezent (face parte din biroul de redacţie), îşi face o plăcută datorie de a-l felicita cu căldură şi a-i ura multă sănătate şi putere de muncă, solicitându-l să-şi pună în continuare experienţa şi profesionalismul în slujba ridicării nivelului tehnico-ştiinţific al revistei.

prof. dr. ing. Victor Athanasovici

dr. ing. Miron Laurenţiu Goia

ASIGURAREA CALITĂŢII ÎN ENERGETICA NUCLEARĂ, PRACTICI INTERNAŢIONALE ŞI ROMÂNEŞTI

ing. IOAN ROGOCIU *

Producerea energiei electrice în centralele nuclearoelectrice trebuie să se facă în condiţii de securitate nucleară şi la un înalt nivel de fiabilitate. Una din căile de atingere a acestor două ţeluri este lucrul în regim de asigurare a calităţii.

Prima utilizare a termenului de "asigurarea calităţii" a avut loc în SUA în 1967. De atunci situaţia a evoluat, SUA dispunând de cele mai complete standarde în domeniu.

Agenţia pentru Energie Atomică din Viena a elaborat primele coduri în 1978. Ţările cele mai dezvoltate dispun de legislaţie în domeniu. Codurile AIEA stau la baza legislaţiei din SUA, Germania, Japonia, Marea Britanie, Canada şi Franţa.

România a elaborat Legea nr. 6/1982, anulată prin Legea nr. 11/1996. La nivel naţional nu mai avem nici un standard care să reglementeze activităţile de asigurarea calităţii în domeniul nuclear.

Pentru finalizarea lucrărilor la Unitatea nr. 1 de la Cernavodă s-a adoptat modelul canadian. În ultima perioadă cea mai puternică companie de energie nucleară, Ontario Hydro, se confruntă cu greutăţi deosebite, care pot conduce la oprirea a şapte unităţi din cele 19 aflate în exploatare.

Pentru a evita deficienţele sistemului canadian, România are nevoie de standarde bazate pe experienţa în domeniu a tuturor ţărilor dezvoltate: SUA, Japonia, Germania, Franţa etc. Standardele româneşti vor trebui să ţină cont de documentele AIEA din Viena.

Acest articol se doreşte o pledoarie pentru alinierea legislaţiei româneşti la cerinţele internaţionale şi la anularea monopolului canadian.

Generation of electricity in nuclear power plants should be performed under nuclear safety conditions and at a high reliability level. One of the ways to achieve the above mentioned requirements is to work under a quality assurance mode.

The term of "quality assurance was for the first time used in USA, in 1967. Since then the situation has continuously developed. The most comprehensive standards in the field are the US ones.

The IAEA agency in Vienna developed the first codes in 1978. The mast developed countries have at their disposal the legislation necessary in this field. The IAEA codes lay at the basis of the US, German, Japanese, British Canadian and French legislation .

Romania drafted the Law No. 6/1982, repealed through the Law No. 11/1996. At the international level there is no Romanian standard to regulate the activities of quality assurance in the nuclear power field.

To conclude the works at Unit of the Cernavodă nuclear power plant the Canadian model was adopted. The most powerful Canadian nuclear power Company Ontario Hydro has been lately confronted with difficulties that may lead to the decomisstioning of 7 out of its 19 units in operation.

To avoid the Canadian system deficiencies Romania needs standards based on the experience gained in this field by all the developed countries: USA, Japan, Germany, France, etc. The Romanian standards should take into account the documents of IAEA based in Vienna.

The present article is a pleading in favour of the Romanian legislation drafting at the level of the international demands and the annulmenta of the Canadian monopoly.

Descriptori: centrale nucleare, calitate, reglementări internaţionale, reglementări naţionale

Scurt istoric

O centrală nuclearoelectrică este un ansamblu compus dintr-un reactor cu neutroni termici împreună cu toate structurile, sistemele şi componentele necesare pentru asigurarea securităţii nucleare şi pentru producerea de energie electrică [3].

În reactorul nuclear se produce energie termică împreună cu materialele radioactive. De aceea, primul obiectiv în funcţionarea unei centrale

* FCNE Cernavodă

nuclearoelectrice este prevenirea scurgerilor radioactive, în scopul protecţiei tuturor persoanelor şi a mediului înconjurător împotriva riscurilor radiologice anormale. Altfel spus, primul obiectiv al unei centrale nuclearoelectrice este securitatea nucleară.

Pe de altă parte, producerea de energie electrică este cerută de consumatori la un nivel stabil şi, ca urmare, instalaţiile de producere trebuie să fie fiabile [1].

Pentru a atinge cele două ţeluri, securitatea şi fiabilitatea, este necesar să se lucreze în regim de asigurare a calităţii într-o manieră sistematică şi organizată.

În domeniul centralelor nuclearoelectrice, prima utilizare a termenului de "asigurarea calităţii" s-a făcut în standardul american 10 CFR 50 Appendix A din 1967 [2], care a avut la bază conceptul de asigurarea calităţii menţionat în MIL-Q-9858A (1963).

Ulterior, în SUA s-a elaborat standardul 10 CFR 50 Appendix B (1970) împreună cu 18 standarde derivate ANSI-N-45.2 şi ASME-NA-4000 (1971).

AIEA din Viena a elaborat în 1978 codul No. 50-C-QA, revizuit în 1988.

În Japonia, Japan Electric Association a elaborat standardul său "*Quality Assurance Guideliness for nuclear power plant construction*" (JEAG 4101-1972), bazat pe standardul american 10 CFR 50 Appendix B. Acest standard a fost ulterior revizuit pe baza codului AIEA No.50-C-QA. Noul standard japonez a fost intitulat "*Quality Assurance guideliness for nuclear power plants*" (JEAG 4101-1981). Acest standard a fost revizuit apoi în 1985, 1990 şi 1993, aşa cum se arată în figura 1 [2].

Asemenea standarde au fost elaborate în toate ţările dezvoltate: Japonia, SUA, Germania, Marea Britanie, Canada şi Franţa. În aceste ţări, prin standardele de asigurarea calităţii se respectă normele AIEA Viena, dar se ţine cont de specificul local şi de experienţa dobândită în activităţile de proiectare, construcţii-montaj, punere în funcţiune şi operare ale CNE.

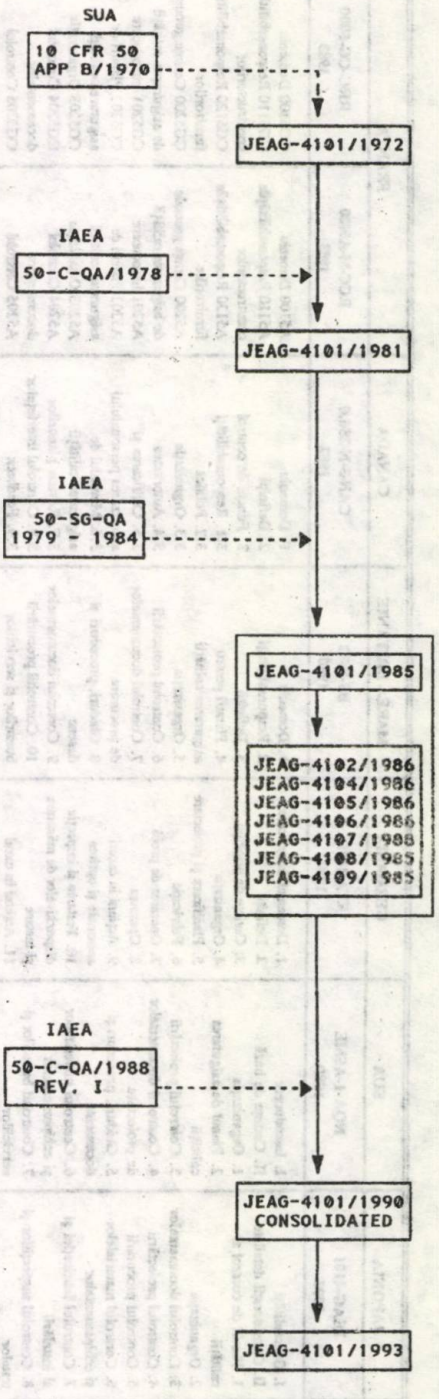


Fig. 1. Evoluţia standardelor de asigurarea calităţii pentru centralele nuclearoelectrice din Japonia.

În figura 2 se prezintă prevederile standardelor naţionale de asigurare a calităţii în domeniul centralelor nuclearoelectrice în ţările cele mai dezvoltate [2], iar

AIEA	JAPONIA	SUA	GERMANIA	MAREA BRITANIE	CANADA	FRANŢA	
50-C-QA 1988	JEAG-4101 1993	NQA-1-ASME 1989	KTA-1401 1980	BS-5882 1990	CAN-3-N-286.0 1982	RCC-M-A5000 1983	RRC-CG-5000 1983
1. Introducere 2. Planul de asigurarea calităţii 3. Organizaţia 4. Controlul documentelor 5. Controlul proiectării 6. Controlul procurării 7. Controlul produselor 8. Controlul proceselor 9. Controlul inspecţiilor şi al testelor 10. Controlul neconformităţilor 11. Acţiuni corective 12. Pastrarea înregistrărilor 13. Audituri	I. Generalităţi II. Consideraţii detailate 1. Planul de control al calităţii 2. Organizaţia 3. Controlul documentelor 4. Controlul proiectării 5. Controlul procurării 6. Controlul materialelor şi echipamentelor 7. Controlul fabricaţiei şi al instalării 8. Controlul inspecţiilor şi testelor 9. Controlul exploatării şi mentenanţei 10. Controlul neconformităţilor 11. Măsuri pentru prevenirea repetărilor 12. Controlul înregistrărilor de calitate 13. Audituri III. Anexe	I. Introducere II. Cerinţe de bază 1. Organizaţia 2. Planul de asigurarea calităţii 3. Controlul proiectării 4. Controlul documentelor de proiectare 5. Ghiduri, proceduri şi documente 6. Controlul materialelor şi echipamentelor 7. Controlul bunurilor şi serviciilor 8. Identificarea şi controlul produselor 9. Controlul proceselor 10. Inspecţii 11. Controlul testelor 12. Controlul dispozitivelor pentru măsurare şi testare 13. Manipularea, depozitarea şi transportul 14. Condiţiile inspecţiilor, testelor şi operării 15. Controlul neconformităţilor 16. Acţiuni corective 17. Înregistrări de asigurarea calităţii 18. Audituri III. Cerinţe suplimentare IV. Anexe	1. Domeniul de aplicare 2. Definiţii 3. Cerinţe de principii 4. Organizaţia 5. Planificare şi proiectare 6. Fabricaţie 7. Operarea de probă 8. Operarea 9. Acţiuni în cazuri anormale şi oprirea 10. Testarea şi inspecţia dispozitivelor de măsurare şi testare 11. Acţiuni în cazul neconformităţilor 12. Documentele 13. Auditurile sistemului de asigurarea calităţii	1. Domeniu 2. Responsabilităţi 3. Definiţii 4. Planuri pentru asigurarea calităţii 5. Organizaţia 6. Controlul proiectării 7. Controlul documentelor de procurare 8. Ghiduri, proceduri şi desene 9. Controlul documentelor 10. Controlul procurării bunurilor şi serviciilor 11. Identificarea şi controlul produselor 12. Controlul proceselor 13. Inspecţii şi audituri 14. Operarea de probă 15. Controlul dispozitivelor de măsurare şi testare 16. Manipulare, depozitare şi transport 17. Condiţiile inspecţiilor, testelor şi operării 18. Produsele neconforme 19. Acţiuni corective 20. Controlul înregistrărilor de calitate 21. Audituri	1. Domeniu 2. Definiţii 3. Funcţii de control 3.1. Responsabilităţi 3.2. Politica 3.3. Organizaţia 3.4. Autoritatea 3.5. Calificarea şi autorizarea personalului 3.6. Manualul de asigurarea calităţii 3.7. Revizia planurilor 3.8. Controlul interfeţelor 3.9. Feedback 3.10. Relaţii cu alte standarde 4. Funcţii pentru implementarea practicilor 5. Funcţia de inspecţie 6. Funcţia de audit 6.1. Organizaţia de audit 6.2. Domeniul şi programarea auditurilor 6.3. Audituri externe 7. Acţiuni corective 7.1. Neconformităţi 7.2. Acţiuni corective 8. Documente şi înregistrări 8.1. Controlul documentelor 8.2. Controlul reviziilor 8.3. Înregistrări de asigurarea calităţii 8.4 Arhivare	A5100 Domeniu A5110 Responsabilităţile constructorilor A5120 Responsabilităţile furnizorilor A5200 Cerinţe generale de asigurarea calităţii A5201 Introducere A5202 Planuri de asigurarea calităţii A5203 Organizaţia A5204 Controlul documentelor A5205 Controlul proiectării A5206 Controlul procurării A5207 Controlul materialelor A5208 Controlul proceselor A5209 Controlul inspecţiilor şi testelor A5210 Controlul neconformităţilor A5211 Acţiuni corective A5212 Păstrarea înregistrărilor A5213 Audituri	CG5100 Domeniu CG5110 Responsabilităţile constructorilor CG5120 Responsabilităţile furnizorilor CG5200 Cerinţe generale de asigurarea calităţii CG5201 Introducere CG5202 Planuri de asigurarea calităţii CG5203 Organizaţia CG5204 Controlul documentelor CG5205 Controlul cercetării CG5206 Controlul procurării CG5207 Controlul materialelor CG5208 Controlul procedurilor CG5209 Controlul inspecţiilor şi testelor CG5210 Controlul neconformităţilor CG5211 Acţiuni corective CG5212 Păstrarea înregistrărilor CG5213 Audituri

Fig. 2. Comparaţie între prevederile importante ale standardelor de asigurarea calităţii la centralele nuclearo-electrice din diferite ţări dezvoltate.

în figura 3 se prezintă evoluţia legislaţiei în domeniu în SUA şi Japonia, cu referiri şi la AIEA din Viena [2].

Fostul Comitet de Stat pentru Energia Nucleară a elaborat, în perioada 1983 - 1987, şapte normative, AQ1 - AQ7, [5 ÷ 11].

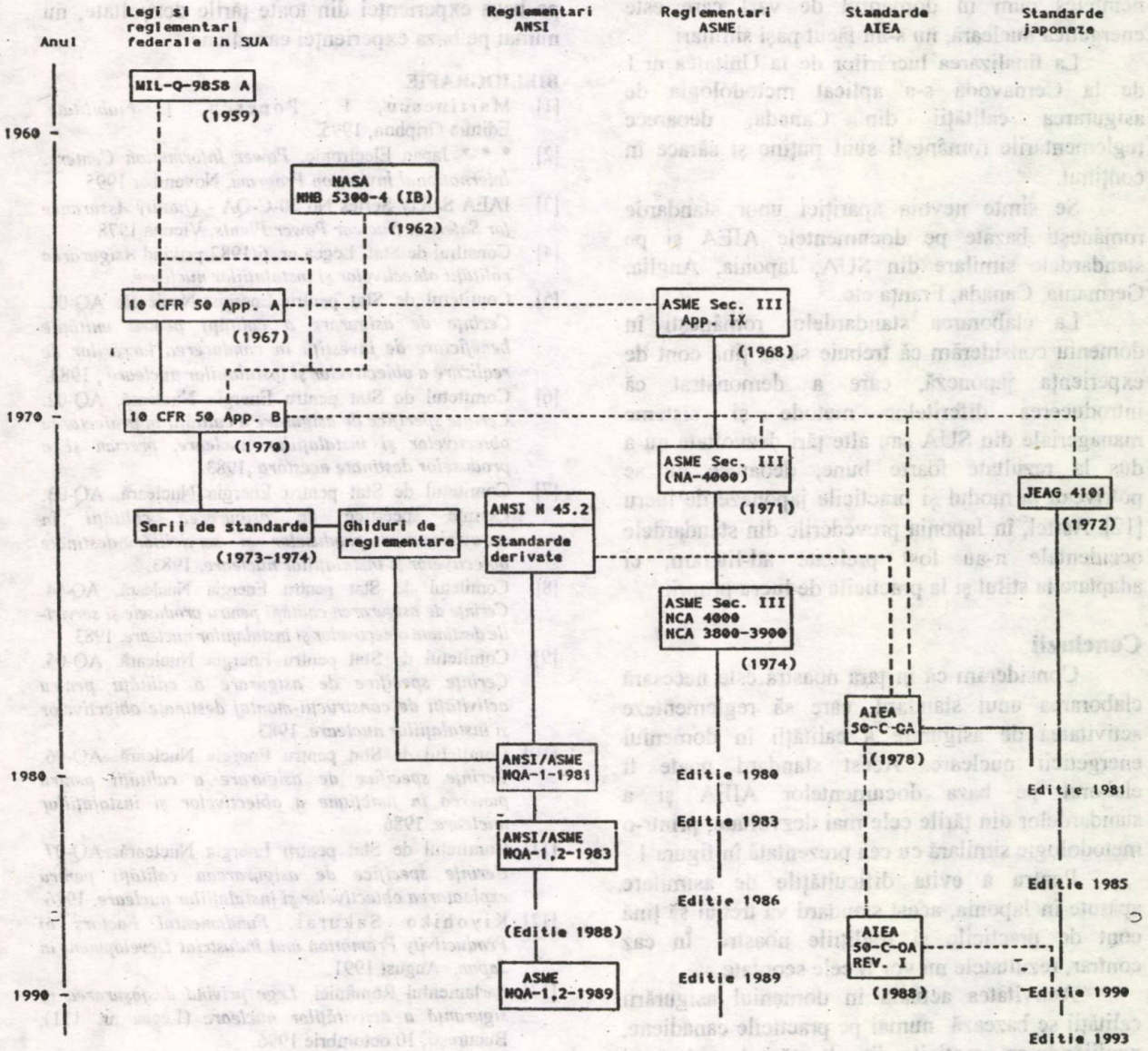


Fig. 3. Evoluţia standardelor de asigurare a calităţii în SUA, Japonia şi AIEA.

Situaţia din România

În România a fost elaborată Legea nr. 6/1982 privind *Asigurarea calităţii obiectivelor şi instalaţiilor nucleare* [4].

După 1989 a apărut Legea nr. 111/1996, prin care se abrogă Legea nr. 6/1982 [13]. Această lege în vigoare este foarte generală şi nu poate fi asimilată cu un act normativ specific activităţii de asigurare a calităţii. Din acest punct de vedere

legislaţia românească este în prezent într-o situaţie mai defavorabilă decât înainte de 1989. La ora actuală nu se dispune, la nivel naţional, de un act normativ similar cu ceea ce am prezentat în figura 2.

După 1990, în industria constructoare de maşini din ţara noastră s-au adoptat mai multe standarde internaţionale, dintre care cele mai importante sunt ISO 9000 ÷ ISO 9004. Este de neînţeles cum în domeniul de vârf care este energetica nucleară, nu s-au făcut paşi similari.

La finalizarea lucrărilor de la Unitatea nr.1 de la Cernavodă s-a aplicat metodologia de asigurarea calităţii din Canada, deoarece reglementările româneşti sunt puţine şi sărace în conţinut.

Se simte nevoia apariţiei unor standarde româneşti bazate pe documentele AIEA şi pe standardele similare din SUA, Japonia, Anglia, Germania, Canada, Franţa etc.

La elaborarea standardelor româneşti în domeniu considerăm că trebuie să se ţină cont de experienţa japoneză, care a demonstrat că introducerea diferitelor metode şi sisteme manageriale din SUA sau alte ţări dezvoltate nu a dus la rezultate foarte bune, deoarece nu se potriveau la modul şi practicile japoneze de lucru [12]. Astfel, în Japonia prevederile din standardele occidentale n-au fost preluate ad-literam, ci adaptate la stilul şi la practicile de lucru proprii.

Concluzii

Considerăm că în ţara noastră este necesară elaborarea unui standard, care să reglementeze activitatea de asigurare a calităţii în domeniul energeticii nucleare. Acest standard poate fi elaborat pe baza documentelor AIEA şi a standardelor din ţările cele mai dezvoltate, printr-o metodologie similară cu cea prezentată în figura 1.

Pentru a evita dificultăţile de asimilare apărute în Japonia, acest standard va trebui să ţină cont de practicile şi tradiţiile noastre. În caz contrar, rezultatele nu vor fi cele scontate.

Activitatea actuală în domeniul asigurării calităţii se bazează numai pe practicile canadiene, neglijându-se practicile din alte ţări dezvoltate şi experienţa românească din centralele clasice.

Situaţia nu este prea fericită, deoarece experienţa canadiană a înregistrat succese, dar şi deficienţe.

În ultima perioadă, presa românească şi cea internaţională a semnalat unele deficienţe apărute în cadrul celei mai puternice firme din domeniul nuclear din Canada - Ontario Hydro. La această firmă se vor închide şapte unităţi şi se vor retehnologiza celelalte 12 unităţi [15].

Unul din rapoartele de evaluare precizează că deficienţele sunt mai ales de natură managerială şi de asigurare a calităţii [14].

Pentru a evita transpunerea greşelilor canadiene în activităţile de asigurare a calităţii din ţara noastră este nevoie să ne dezvoltăm legislaţia pe baza experienţei din toate ţările dezvoltate, nu numai pe baza experienţei canadiene.

BIBLIOGRAFIE

[1] Martinescu, I., Popescu, I. *Fiabilitate.* Editura Griphon, 1995.

[2] * * * Japan Electronic, *Power Information Center . International Invitation Program*, November 1995.

[3] IAEA Safety Series No 50-C-QA - *Quality Assurance for Safety în Nuclear Power Plants*, Vienna 1978

[4] Consiliul de Stat. Legea nr. 6/1982 privind *Asigurarea calităţii obiectivelor şi instalaţiilor nucleare.*

[5] Comitetul de Stat pentru Energia Nucleară. AQ-01. *Cerinţe de asigurare a calităţii pentru unităţile beneficiare de investiţii în conducerea lucrărilor de realizare a obiectivelor şi instalaţiilor nucleare* , 1983.

[6] Comitetul de Stat pentru Energia Nucleară. AQ-02. *Cerinţe specifice de asigurare a calităţii în proiectarea obiectivelor şi instalaţiilor nucleare, precum şi a produselor destinate acestora* ,1983.

[7] Comitetul de Stat pentru Energia Nucleară. AQ-03. Cerinţe specifice de *asigurarea calităţii în aprovizionarea produselor şi serviciilor destinate obiectivelor şi instalaţiilor nucleare,* 1983.

[8] Comitetul de Stat pentru Energia Nucleară. AQ-04. *Cerinţe de asigurarea calităţii pentru produsele şi servicii-le destinate obiectivelor şi instalaţiilor nucleare,* 1983.

[9] Comitetul de Stat pentru Energia Nucleară. AQ-05. *Cerinţe specifice de asigurare a calităţii pentru activităţii de construcţii-montaj destinate obiectivelor şi instalaţiilor nucleare,* 1983.

[10] Comitetul de Stat pentru Energia Nucleară. AQ-06. *Cerinţe specifice de asigurare a calităţii pentru punerea în funcţiune a obiectivelor şi instalaţiilor nucleare,* 1986.

[11] Comitetul de Stat pentru Energia Nucleară. AQ-07. *Cerinţe specifice de asigurareaa calităţii pentru exploatarea obiectivelor şi instalaţiilor nucleare,* 1986.

[12] Kiyohiko Sakurai. *Fundamental Factors of Productivity Promotion and Industrial Development in Japan,* August 1991.

[13] Parlamentul României. *Lege privind desfăşurarea în siguranţă a activităţilor nucleare* (Legea nr. 111), Bucureşti, 10 octombrie 1996.

[14] IIPA/SSFI. *Evaluation Findings and Recommendations,* July 1997.

[15] Shannon Kari. *Ontario's mighty power monopoly shuts down seven reactors in a mammoth nuclear debacle.* Toronto, 1997.

Referent : prof. dr. ing. Florin Alexe - Facultatea de Energetică UPB

(Primit la 22 septembrie 1997, acceptat la 28 octombrie 1997)

UN MODEL DINAMIC AL CNE DE TIP PHWR

prof. dr. ing. FLORIN ALEXE , şl. ing. GHEORGHE LĂZĂROIU*

În lucrare se prezintă modelul centralei nucleare de tip PHWR pentru studiile de simulare dinamică pe termen mediu şi lung al sistemului electroenergetic, care poate fi implementat în programele de calcul al stabilităţii pe termen lung, atît pentru perturbaţii mici, cît şi mari. Modelul, folosit în simularea dinamică a centralei, ţine cont şi de răspunsul sistemelor de control şi protecţie. Acest articol prezintă funcţiile specifice ale modelului, descrierea sumară a acestuia, modele noi incluse pentru studiile pe termen mediu şi lung, precum şi rezultate ale simulării.

The paper presents the model of the PHWR type nuclear power plant for the medium and long term simulation studies of the power system that can be implemented in the computation programs of long term stability both for the small and great disturbances. The model used in the nuclear power plant dynamic simulation also takes into account the control and protection (safety) systems response. The article presents the model's specific functions, its brief description, the new models included in the medium and long term studies, as well as the simulation results.

Descriptori: analiza sistemelor, modele pentru centrale nucleare, simulare pe calculator,

Introducere

În condiţii severe, perturbatoare, poate apărea un important dezechilibru între energia furnizată şi cea necesară, ceea ce duce la variaţii mari ale frecvenţei şi tensiunii faţă de valorile estimate. Aceste variaţii pot induce, la rândul lor, mari variaţii ale energiei produse, care, în lipsa unor măsuri adecvate, pot duce la căderea sistemului energetic. Prin urmare, este importantă cunoaşterea punctelor slabe ale sistemului, în vederea elaborării unei strategii adecvate de contracarare. Din acest motiv, este strict necesară punerea la punct a unui program de simulare dinamică, cu suficientă exactitate, a centralelor nuclearoelectrice pe durată lungă şi medie (de la câteva zeci de secunde la câteva minute).

Într-un astfel de program, este semnificativă simularea răspunsului centralei nucleare pe termen lung şi mediu, inclusiv declanşarea. Modelele simplificate, utilizate în mod obişnuit pentru analiza stabilităţii pe termen scurt, nu sunt adecvate pentru analiza stabilităţii pe termen lung.

* Facultatea Energetică -Universitatea "POLITEHNICA" Bucureşti

Lucrarea prezintă conceptul de modelare pentru analiza, pe termen lung şi mediu, a dinamicii centralei nuclearoelectrice CNE Cernavodă, de tip PHWR, bazat pe lucrările anterioare în domeniu [1 - 5, 8, 10].*

Definirea specificaţiilor funcţionale

Modelele elaborate pentru analiza dinamicii centralei pe termen scurt sunt, în general, mult simplificate şi se bazează pe presupunerea că variaţiile de frecvenţă şi tensiune sunt mici. Astfel, ele nu pot fi utilizate în cazul unei situaţii grave ce poate să apară în studiile pe termen lung, ca, de exemplu, acele variaţii de frecvenţă şi tensiune care cauzează situaţii tranzitorii grave asupra reactorului nuclear cu activarea protecţiei pentru micşorarea puterii reactorului sau chiar oprirea acestuia [10].**

Pentru dezvoltarea unui model adecvat de centrală nucleară, care poate simula fazele prin

* S-a folosit şi lucrarea "Modelarea centralelor nucleare pentru simularea dinamică a sistemului electroenergetic", autori Florin Alexe şi Gheorghe Lăzăroiu, prezentate la CNE'96, secţiunea Poster.

** Lăzăroiu, Gh., Alexe, Fl. *Modelarea centralelor nuclearoelectrice de tip PHWR pentru simularea dinamică*, A XXIII-a Conferinţă pe ţară de termoenergetică şi termoficare, lucrarea III.08., Poiana Braşov 4-6 dec. 1996.

care trece centrala, luând în considerare reacţiile sistemelor de protecţie şi control ale centralei, este necesară definirea specificaţiilor funcţionale ale unui model de centrală nucleară de tip PHWR. Prin aceasta se specifică în mod clar modul în care perturbaţiile din sistem provoacă modificări tranzitorii în centrală şi care dintre variabile, dintre sistemele de control şi protecţie trebuie modelate pentru a reprezenta cel mai bine aceste tranziţii, incluzând semnalele de declanşare.

Dacă perturbaţiile frecvenţă/tensiune din sistem sunt mari, vanele de control ale turbinei pot pot fi acţionate rapid; totodată, este afectată funcţionarea motoarelor electrice şi implicit a pompelor pe care acestea le antrenează. Modificările ce decurg din aceasta, în ceea ce priveşte presiunea sau debitul agentului de răcire primar, provoacă perturbaţii tranzitorii severe în sistemul reactorului, iar sistemele de protecţie ale acestuia pot reduce imediat puterea sau chiar pot opri reactorul.

Există două modalităţi importante în care perturbaţiile din sistem pot provoca modificări tranzitorii la nivelul reactorului.

Prima cale care va afecta funcţionarea centralei este perturbaţia frecvenţei (nu şi a tensiunii). Calea de propagare de la sistem la reactor este prin generatorul electric, turbină şi principalele conducte de abur, generatorul de abur şi apoi circuitul primar de răcire. Direcţia este inversă căii normale de debitare a energiei, de la reactor spre generatorul electric. Când creşte frecvenţa sistemului, sistemul de reglare a turaţiei turbinei reacţionează prin închiderea automată a vanei de admisie concomitent cu deschiderea vanelor de ocolire (by-pass). Datorită unei capacităţi limitate a vanelor de by-pass, apare o perturbaţie de debit în conducta principală de abur, cu modificarea tranzitorie a temperaturii agentului de răcire primar; cu atât mai mult are loc şi o scădere a temperaturii apei de alimentare, datorită reducerii debitului prin turbină şi implicit a debitelor la prizele regenerative. Variaţiile reduse ale temperaturii apei de alimentare pot fi preluate de generatorul electric, fără a afecta funcţionarea reactorului.

Perturbaţiile, atât ale frecvenţei, cât şi ale tensiunii, constituie a doua cale prin care este afectată funcţionarea centralei, prin modificarea turaţiei motoarelor din sistemele auxiliare. Pompele din circuitul primar sunt acţionate de motoare electrice alimentate de pe barele de servicii proprii, astfel că la modificarea tranzitorie a turaţiei acestora se produce o modificare tranzitorie a debitului de agent de răcire primar şi, drept consecinţă, are loc o modificare tranzitorie a temperaturii acestuia. Prin urmare, această cale prezintă o importanţă deosebită pentru centralele de tip PHWR.

Componentele modelului centralei de tip PHWR

În figura 1 sunt prezentate componentele modelului unei centrale de tip PHWR, specificate astfel încât să poată fi simulate cât mai exact efectele tranzitorii asupra reactorului, ale perturbaţiilor apărute în sistem transmise prin cele două căi arătate mai sus. Se consideră că sistemul de by-pass turbină are o capacitate de 40% sau 70% din debitul principal de abur, regulatorul turbinei este electrohidraulic, iar antrenarea tuturor pompelor se face cu motoare electrice.

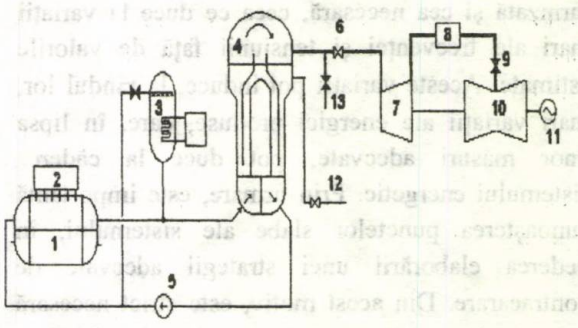


Fig. 1. Componentele modelului centralei de tip PHWR: 1 - reactor; 2 - bare de control; 3 - presurizor; 4 - generator de abur; 5 - pompă circuit primar; 6 - vană reglare turbină; 7 - corp de înaltă presiune; 8 - separator de umiditate şi supraîncălzitor; 9 - vană intercepţie; 10 - corp de joasă presiune; 11 - generator electric; 12 - vană control debit apă de alimentare; 13 - vană ocolire turbină (by-pass).

Pentru o modelare corectă este necesară stabilirea cerinţelor pe care trebuie să le îndeplinească diversele sisteme ale centralei la apariţia unei perturbaţii grave în sistem.

Sistemele de control (reglare) vor răspunde fenomenelor tranzitorii cauzate de perturbaţii din sistem prin:

- controlul puterii reactorului;
- controlul nivelului din presurizor;
- controlul presiunii din presurizor;

• controlul apei de alimentare pentru generatorul de abur;

• controlul supapei de evacuare din generatorul de abur;

• controlul vanei de by-pass;

• controlul vitezei turbinei, incluzînd controlul normal în cazul supraturării.

Sistemul de protecţie permite includerea unor factori care duc la oprirea reactorului chiar şi în cazul unor perturbaţii grave în sistem, precum:

• flux mare de neutroni;

• viteză mare de modificare a fluxului (creştere sau descreştere);

• supratemperaturi;

• supraputere;

• frecvenţă scăzută pe barele centralei;

• tensiune scăzută pe barele centralei;

• nivel scăzut în generatorul de abur;

• declanşarea turbinei.

Prin urmare, sistemul de protecţie, prezentat în figura 2, ţine sub observaţie variabilele centralei legate de integritatea reactorului.

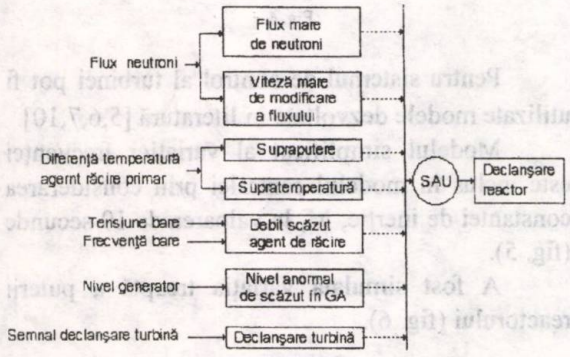


Fig. 2. Sistemul de protecţie.

Sistemul circuitului secundar cuprinde: conductele principale de abur, turbina cu abur, preîncălzitoarele, separatorul de umiditate şi supraîncălzitorul intermediar, vanele de control turbină, ventilele de intercepţie şi vanele de by-pass turbină. După cum s-a arătat, funcţionarea vanelor de control şi by-pass are ca rezultat presiuni tranzitorii ale aburului, care duc la temperaturi tranzitorii în circuitul primar al reactorului. Funcţionarea vanelor de control şi intercepţie provoacă modificarea puterii interne a turbinei şi, implicit, a puterii produse de generatorul electric. Prin urmare, sistemul circuitului secundar prezintă cea mai mare importanţă în studiile tranzitorii. Este necesară includerea în model a caracteristicilor nelineare, precum limitele vitezei de acţionare a vanelor pentru limitarea vitezei de variaţie a debitului de abur. Variabilele principale ale acestui sistem care trebuie incluse în modelul centralei sunt:

• presiunea aburului viu;

• debitul de abur viu pe conducta principală;

• debitul de abur by-passat;

• debitul de abur produs de generator;

• debitul de abur prin vanele de reglare turbină;

• debitul de abur prin vanele de intercepţie turbină;

• presiunea aburului în separatorul de umiditate;

• puterea turbinei.

Sistemul circuitului primar include: reactorul, conductele circuitului primar, pompele de răcire din circuitul primar, presurizorul şi generatorul de abur. Simularea sistemului circuitului primar este mai semnificativă deoarece este legată de operarea sistemului de protecţie al reactorului. În sistemul centralei sunt incluse următoarele variabile ale acestui sistem:

• fluxul mediu de neutroni (puterea reactorului);

• poziţia barelor de control-reglare;

• reactivitatea elementelor combustibile;

• efectul Doppler asupra reactivităţii;

• efectul temperaturii asupra reactivităţii;

• temperatura medie a agentului de răcire din reactor;

• puterea termică generată de elementele combustibile;

• debitul de agent de răcire primar;

• temperatura agentului de răcire la ieşirea din reactor;

• temperatura agentului de răcire la intrarea în reactor;

• temperatura agentului de răcire din colectorul de ieşire din reactor (feederul cald);

• temperatura agentului de răcire din colectorul de intrare în reactor (feederul rece);

• temperatura agentului de răcire primar la intrarea în generatorul de abur;

• temperatura agentului de răcire primar la ieşirea din generatorul de abur;

• puterea termică transmisă generatorului de abur;

• presiunea aburului din generatorul de abur;
• nivelul apei din generatorul de abur;
• debitul apei de alimentare a generatorului de abur;
• nivelul din presurizor;
• presiunea din presurizor;
• puterea de încălzire la presurizor.

Modelarea şi simularea

Structura generală a modelului unei centrale PHWR se prezintă în figura 3.

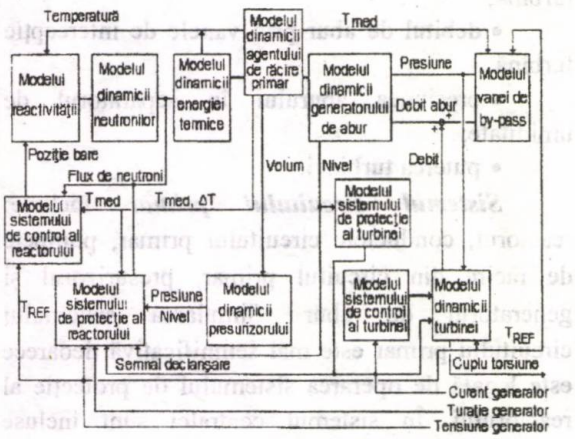


Fig. 3.

Caracteristici generale şi particulare

Pentru modelul ***sistemului circuitului secundar*** se fac următoarele precizări:

• presiunea aburului în conducta principală este calculată ţinând seama de masă, volum şi bilanţul energetic;
• vanele de by-pass sunt modelate luând în considerare caracteristica referitoare la deschiderea rapidă a acestora;
• sistemul turbinei este modelat în detaliu, dându-se o atenţie deosebită poziţiei fiecărei vane pentru a simula răspunsul ei nelinear, inclusiv mecanismul de închidere rapidă;
• se ţine seama de pierderea de presiune şi întârzierea pe conductă.

Pentru modelul ***sistemului circuitului primar*** se precizează următoarele:

• fluxul mediu de neutroni este calculat prin considerarea a şase grupe de neutroni întârziaţi;
• temperatura medie în elementele combustibile este obţinută dintr-o ecuaţie de gradul întâi;
• în calculul temperaturii agentului de răcire primar se ţine seama de întârzierea pe conducte;
• presiunea aburului din presurizor sau generatorul de abur este calculată luând în considerare masa, volumul şi echilibrul energetic în ambele faze;
• nivelul din presurizor sau din generatorul de abur este simulat prin modificarea volumului apei saturate şi volumul aburului;
• pentru considerarea dinamicii debitului de agent de răcire, atât la perturbaţii ale frecvenţei, cât şi ale tensiunii, a fost considerat un model mai dezvoltat al ansamblului motor electric - pompă (fig. 4).

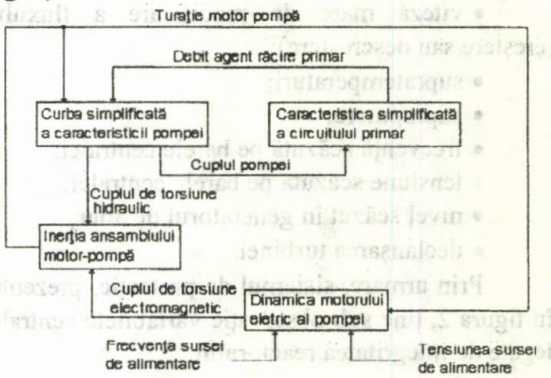


Fig. 4.

Pentru sistemul de control al turbinei pot fi utilizate modele dezvoltate în literatură [5,6,7,10].

Modelul simplificat al variaţiei frecvenţei este inclus în modelul centralei prin considerarea constantei de inerţie, M, la valoarea de 10 secunde (fig. 5).

A fost simulată variaţia treaptă a puterii reactorului (fig. 6).

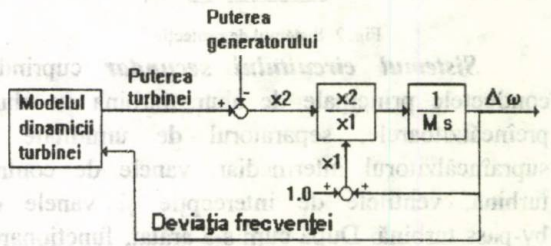


Fig. 5

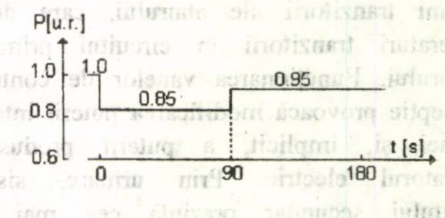


Fig. 6.

În urma simulării au fost obţinute modificările parametrilor în timp, fiind prezentate, pentru ilustrare, variaţia frecvenţei (fig. 7) şi a debitului principal de abur (fig. 8).

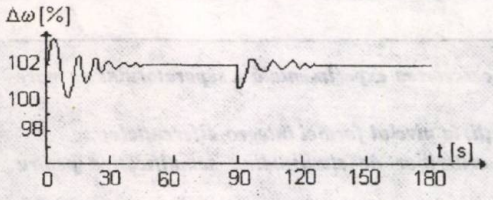


Fig. 7.

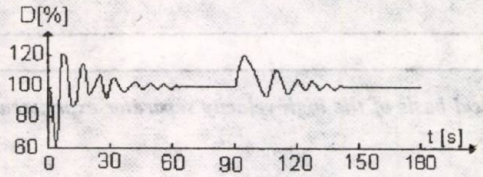


Fig. 8.

Programul de calcul pentru simulare a fost realizat şi executat în SIMULINK, pe baza modelelor componentelor.

BIBLIOGRAFIE

[1] Dwarakanath, M.H., Dembert, B., Ericman, A.M., Hemmaplardh, K., Manke, J. W. *A Generalized Methodology for Modeling System Components in Power Dynamics simulation.* In: IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-101, 1982.

[2] Di Lascio, M.A., Moret, R. Poloujadoff M., *Reduction of Program Size for Long-term Power System Simulation with Pressurized Water Reactor.* In: IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-102, 1983.

[3] Ichikawa, T., Inoue, T. *Light Water Reactor Plant Modeling for Power System Dynamic Simulation.* In: IEEE Transaction on Power System, may/june 1988.

[4] x x x *Dynamic Models for Steam and Hydro Turbines in Power System Studies.* IEEE Commitee Report. In: IEEE Trans. on Power Apparatus and System, vol. 92, 1973

[5] x x x *Dynamic Models for Fossil Fueled Steam Units in Power System Studies.* IEEE Commitee Report. In: IEEE Trans. on Power System, mai, 1991

[6] x x x *Hydraulic Turbine and Turbine Control Models for System Dynamic Studies.* IEEE Commitee Report,. In: IEEE Trans. on Power System, february, 1992.

[7] Kar, P.K., Yan, A., Kundur, H., Taniguchi, H., Hirsch, P. *Thermal Plant Models for Medium-to Long-term Power System Stability Studies,* IEEE Winter Power Meeting, 1994.

[8] Kerlin, T.W., Katz, E.M. *Pressurized Water Reactor Modeling for Long-term Power System Dynamic Simulation.* EPRI Research Project 764-4, EI-3087, vol 1-2, may 1983.

[9] Sekine, Y., Oura, Y., Sawada, T., Muto, S., Uyeda, K., Ichikawa, T., Taniguchi, H. *Development of A Precise Simulation Program for Dynamic Analysis of Bulk Power System under Faults.* Proc. 8th PSCC, aug. 1984.

Referent: ing. Ion Bănică - GSCI - CI

(Primit la 13 ianuarie 1997, acceptat la 1 octombrie 1997)

Programul meselor rotunde organizate de revista Energetica în perioada noiembrie - decembrie 1997, ianuarie 1998

- **Piaţa energiei electrice şi preţul serviciilor de sistem şi de transport**
- Coordonatori: dr. ing. Jean CONSTANTINESCU
  ing.Vasile RUGINĂ
  Data: 25.11.1997
  Locul de desfăşurare : GSCI - RENEL
- **Sisteme informatice avansate pentru reţele electrice***
  Coordonatori: dr. ing. Jean CONSTANTINESCU
  ing. Alexandru SĂNDULESCU
  Perioada: 15 - 20 decembrie 1997
  Locul de desfăşurare : GSCI - RENEL
- **Aspecte tehnologice şi economice privitoare la opţiunile continuării programului nuclear***
  Coordonatori: prof. dr. ing. Florin ALEXE
  dr. ing. Gabriel ROMAŞCU
  ing. Ion BĂNICĂ
  Perioada: ianuarie 1998
- **Politici durabile privind alimentarea cu căldură a aglomerărilor urbane**
  Coordonatori: ing. Nicolae NICULESCU
  prof. dr. ing.Victor ATHANASOVICI
  Data: 3 - 5.12.1997, în cadrul celei de a XXIV - a Conferinţe pe ţară de termoenergetică şi termoficare
  Locul: Poiana Braşov

* Data şi locul exacte vor fi comunicate celor interesaţi în timp util

ANALIZA CERCETĂRII EXPERIMENTALE A SEPARATORULUI DE MARE VITEZĂ

ş. l. ing. EMIL STATIE, ş. l. ing. LUCIAN MANDREA *

Această lucrare îşi propune perfecţionarea bazei teoretice pentru cercetarea experimentală a separatorului de mare viteză, realizând, într-o concepţie originală:

- *stabilirea modelului matematic al zonei de extracţie a umidităţii, la nivelul formei integro-diferenţiale;*
- *identificarea, cu ajutorul metodei teoriei similitudinii, a criteriilor de similitudine semnificative pentru cercetarea experimentală;*
- *evaluarea calitativă a consecinţelor unei similitudini parţiale şi interpretarea datelor experimentale Electricite de France (EdF).*

This paper proposes an original improvement for the theoretical basis of the high velocity separator experimental research:

- *mathematical model for the moisture separation section,*
- *similitude numbers,*
- *qualitative analysis for a partial similitude and comments about the EdF experimental research.*

Descriptori: separator de umiditate, cercetări experimentale

Introducere

Separarea umidităţii din abur între corpurile de medie şi joasă presiune reprezintă o condiţie esenţială pentru funcţionarea corpului de joasă presiune al unei turbine nucleare. Această cerinţă se realizează cu ajutorul separatorului de umiditate care, prin disfuncţionalităţile semnalate în exploatare, reprezintă a treia cauză de nefuncţionare pentru o centrală nucleară, după turbină şi condensator. O recentă ameliorare constructivă a separatorului de umiditate o reprezintă separatorul de mare viteză, foarte promiţătoare fiind varianta realizată de Stein Industrie şi experimentată în colaborare cu EdF. În acest context, s-au constatat discrepanţe importante între datele evidenţiate de exploatarea echipamentului real şi estimările făcute pornind de la cercetarea experimentală pe model. Această lucrare îşi propune să contribuie la efortul de explicare a acestor discordanţe şi de ameliorare a cercetării experimentale a separatorului de mare viteză.

Notaţii utilizate:

β	coeficient de vid (de goluri);
μ	viscozitate dinamică;
ν	viscozitate cinematică;
ρ	densitate;
σ	tensiune superficială;
τ	efort de frecare tangenţială;
G	debit masic;
K	raport de similitudine;
p	presiune;
r	rază;
w	viteză;

- indicele k semnifică o referire la faza k (lichid - L sau gaz - G), în timp ce o altă notare a indicelui semnifică o referire la mărimea notată cu simbolul respectiv;
- simbolurile boldate semnifică o mărime vectorială.

1. Modelul matematic

Deoarece în cazul procesului bifazic din separatorul de mare viteză nu există entităţi reprezentative, nici la nivel individual, nici la nivel statistic, *metoda de studiu* folosită este cea *euleriană*.

Fenomenul fizic modelat fiind o curgere bifazică, monocomponentă, amestecată, în regim inelar, cu picături, se impune utilizarea *modelului celor două fluide*. Superioritatea acestui model decurge din *considerarea distinctă a câmpurilor de viteze ale fazelor*, în ecuaţiile de conservare a impulsului. Acest fapt conferă modelului o mare relevanţă în analiza:

* Universitatea "POLITEHNICA", Bucureşti

• dinamicii interacţiunii dintre faze (aşa cum este cazul propagării valurilor, ori a instabilităţilor dinamice),

• dar şi a fenomenelor caracterizate printr-un cuplaj slab între faze (cazul analizei întreprinse în această lucrare: mişcare separată, practic adiabată - cu schimburi interfazice, masice şi termice, neglijabile - şi izotermă - la saturaţie).

O etapă absolut necesară pentru trecerea de la formularea local-instantanee la precizarea variabilelor macroscopice este reprezentată de alegerea tipurilor de mediere.

Având în vedere:

• recomandările din literatura de specialitate [1], potrivit cărora influenţa aspectelor tranzitorii poate fi neglijată,

• necesitatea corelarii tipului de mediere cu tehnicile de măsurare ale mărimilor macroscopice implicate,

• aspectul stabilizat al fenomenului supus analizei şi

• urmărind permanent reducerea la minimum a influenţei medierilor asupra formulării de bază, local-instantanee,

s-a optat pentru o *mediere euleriană temporală*.

Deoarece, în contextul prezentei analize, este relevantă evidenţierea într-o secţiune dată a distribuţiei vitezelor şi a coeficientului de goluri, se impune şi utilizarea *medierii euleriene în secţiune*.

Utilizarea simultană a celor două tipuri de mediere, permite evidenţierea unor valori de debit, relevante în cazul unui model unidimensional şi într-o foarte bună corelare cu valorile măsurate.

1.1. Ipoteze de lucru

Ipotezele de lucru, pe baza cărora este realizată modelarea zonei de extracţie a umidităţii, sunt următoarele:

1. Curgerea bifazică modelată este monocomponentă (apa), amestecată, în regim inelar cu picături (faza lichidă fiind distribuită, în principal, în filmul inelar exterior).

2. Procesul evoluează la saturaţie.

3. Geometria curgerii bifazice are simetrie cilindrică şi secţiune transversală circulară.

4. Curgerea bifazică este orientată vertical, descendent.

Având în vedere ipotezele 3, 4 şi 1, se poate observa că, în cadrul analizei distribuţiei şi a separării fazelor, *este relevantă doar distribuţia radială a mărimilor implicate* (cu atât mai mult cu cât lungimea relativă a zonei de extracţie a umidităţii fiind redusă, efectul forţelor de frecare asupra pierderilor de presiune s-a dovedit a fi neglijabil).

1.2. Ipoteze simplificatoare

I. Ipoteze simplificatoare referitoare la ecuaţiile curgerii bifazice:

A. Se neglijează informaţia transmisă de ecuaţia de conservare a energiei, pentru ambele faze (aspect semnalat şi la modelările similare anterioare).

II. Ipoteze simplificatoare referitoare la mărimile curgerii bifazice:

A. În funcţie de variabilele de care depind, mărimile curgerii bifazice pot fi grupate după cum urmează:

1 - variabile în funcţie de raza curentă, r, şi de poziţia faţă de axa longitudinală, z:

$$\beta_k, w_k, \tau_k = f(r.z); \qquad (1)$$

2 - variabile în funcţie de temperatură:

$$p_k, \rho_k, \mu_k, \sigma = f(\theta), \qquad (2)$$

unde temperatura ambelor faze se consideră a fi cea de saturaţie:

$$\theta_L = \theta_G = \theta_{sat}; \qquad (3)$$

valorile mărimilor implicate în relaţiile (2) şi (3), considerate a fi constante în raport cu r, z, sunt cele precizate în tabelul 1.

Tabelul 1

Valorile mărimilor fizice şi ale criteriilor de similitudine care definesc celula separatoare cu recirculare şi modelul acesteia, realizat la scară geometrică 0,45, cu un amestec apă-argon

Mărimea fizică sau criteriul de similitudine	Celula reală	Model
p, MPa	2,15	0,775
θ, °C	216,1	20
ρ_G, kg/m3	10,78	12,78
ρ_L, kg/m3	845,3	998,6
σ, N/m	34,0 · 10-3	72,8 · 10-3
μ_G, kg/m/s	16,3 · 10-6	22,4 · 10-6
μ_L, kg/m/s	125,5 · 10-6	1002,6 · 10-6
ρ_G / ρ_L	0,0128	0,0128
w_G, m/s	50	27,6
G_G, kg/s	11,4	1,517
G_L, kg/s	0,79	1,376
$x = G_G / (G_G + G_L)$	0,935	0,524
w_L (viteza apei în zona de centrifugare), m/s	0,056	0,406
η (eficienţa de separare a celulei), %	89 (măsurat)	91 (măsurat)

B. Pentru evidenţierea criteriilor de similitudine implicate în modelarea zonei de extracţie a umidităţii, a ponderii acestora şi a distribuţiei radiale a mărimilor relevante pentru separarea fazelor (β_k, $\mathbf{w}_k$), este utilă referirea la o rază curentă raportată, r' $(0 \le r' \le 1)$

$$r = r_{max} \cdot r' \tag{4}$$

şi evidenţierea, pentru fiecare variabilă, a valorii medii de debit, $\langle f \rangle$, constantă în raport cu raza curentă raportată, r', şi a componentei care evaluează exclusiv distribuţia radială, $f(r')$.

Astfel,

$$\beta_k = \langle \beta_k(z) \rangle \cdot \beta_k(r'), \tag{5}$$

cu

$$\int_{-1}^{1} \beta_k(r') \cdot dr' = 1 \; ; \tag{6}$$

$$w_k^2 = \langle w_k^2(z) \rangle \cdot w_k^2(r'), \tag{7}$$

cu

$$\int_{-1}^{1} w_k^2(r') \cdot dr' = 1 ; \tag{8}$$

$$\rho_k = \langle \rho_k \rangle ; \tag{9}$$

$$p_k = \langle p_k \rangle ; \tag{10}$$

$$g = \langle g \rangle ; \tag{11}$$

$$\tau_k = \langle \tau_k(z) \rangle \cdot \tau_k(r'), \tag{12}$$

cu

$$\int_{-1}^{1} \tau_k(r') \cdot dr' = 1 \tag{13}$$

şi, conform

$$\tau_L(r) = \frac{r}{2 \cdot (1 - \beta_G)} \cdot \left(- \frac{dp}{dz} \cdot \rho_L \cdot g \right) - \frac{g \cdot (\rho_L - \rho_G)}{r \cdot (1 - \beta_G)} \cdot \int_0^r (1 - \beta_G)^2 \cdot r \cdot dr \tag{14}$$

$$\langle \tau_k \rangle = \langle \rho_L \cdot g \cdot r \rangle . \tag{15}$$

1.3. Ecuaţiile modelului

În concordanţă cu modelul celor două fluide, cu ipotezele de lucru şi cele simplificatoare prezentate anterior, ecuaţiile modelului zonei de extracţie a umidităţii sunt:

- ecuaţiile de conservare a masei - (două ecuaţii, corespunzător fiecărei faze):

$$\nabla \cdot (\beta_k \cdot \rho_k \cdot \mathbf{w}_k) = 0 ; \tag{16}$$

- ecuaţiile de conservare a impulsului - (două ecuaţii):

$$grad\left(\frac{\beta_k \cdot \rho_k \cdot w_k^2}{2} \right) + \frac{w_k^2}{2} \cdot grad(\beta_k \cdot \rho_k) = -grad(\beta_k \cdot p_k) + grad(\beta_k \cdot \tau_k) + (\beta_k \cdot \rho_k \cdot \mathbf{g}); \tag{17}$$

- ecuaţia efortului de frecare - (o ecuaţie): calculând efortul de frecare cu ajutorul relaţiei (14), pentru valorile numerice de referinţă din tabelul 1 se obţine o variaţie radială a acestei mărimi, confirmată foarte bine de testări experimentale independente - Serizawa, 1974, şi Wang, 1989, citaţi în [2];

- axioma constitutivă a continuităţii - (o ecuaţie),

$$\sum_{k=1}^{2} \beta_k = 1 , \tag{18}$$

în condiţiile în care necunoscutele sistemului sunt:

$$\beta_k, \mathbf{w}_k, \tau_k .$$

2. Criterii de similitudine

Aplicând metoda teoriei similitudinii - succesiv sistemului real şi modelului - pentru ecuaţiile de domeniu ale separatorului de mare viteză, (16), (17), se obţine:

$$\frac{K_\rho \cdot K_w}{K_l} \cdot \nabla \cdot (\beta_k \cdot \rho_k \cdot \mathbf{w}_k) = 0 \tag{19}$$

şi, respectiv,

$$\frac{K_\rho \cdot K_w^2}{K_l} \cdot grad\left(\frac{\beta_k \cdot \rho_k \cdot w_k^2}{2} \right) + \frac{K_\rho \cdot K_w^2}{K_l} \cdot \frac{w_k^2}{2} \cdot grad(\beta_k \cdot \rho_k) = -\frac{K_p}{K_l} \cdot grad(\beta_k \cdot p_k) + \frac{K_\tau}{K_l} \cdot grad(\beta_k \cdot \tau_k) + K_\rho \cdot K_g \cdot (\beta_k \cdot \rho_k \cdot \mathbf{g}) \tag{20}$$

Analiza factorilor de scară, evidenţiaţi în ecuaţiile care constituie modelul zonei de extracţie a umidităţii, permite, pe de o parte, *identificarea criteriilor de similitudine* relevante pentru modelarea experimentală - coeficienţii numerici ai funcţiilor de distribuţie radială din ecuaţiile (19), (20) şi, pe de altă parte, *evaluarea calitativă a consecinţelor unei similitudini parţiale.*

Relaţiile (19) şi (20), aplicate ambelor faze $k = G, L$, constituie premiza acestei analize la nivelul ecuţiilor de domeniu, urmând ca relaţia constitutivă (14) să fie luată în considerare ulterior.

Referitor la ecuaţia (19), se constată că valoarea coeficientului numeric $\frac{K_\rho \cdot K_w}{K_l}$ nu influenţează asupra distribuţiei radiale a variabilelor modelului.

Analizând ecuaţia (20), se constată că aceasta poate fi scrisă în forma echivalentă:

$$grad\left(\frac{\beta_k \cdot \rho_k \cdot w_k^2}{2}\right) + \frac{w_k^2}{2} \cdot grad(\beta_k \cdot \rho_k) =$$

$$= -\frac{K_p}{K_\rho \cdot K_w^2} \cdot grad(\beta_k \cdot p_k) + \frac{K_\tau}{K_\rho \cdot K_w^2} \cdot \quad (21)$$

$$\cdot grad(\beta_k \cdot \tau_k) + \frac{K_l \cdot K_g}{K_w^2} \cdot \beta_k \cdot \rho_k \cdot \mathbf{g}.$$

Interpretarea ecuaţiei (21) impune luarea în considerare şi a celei de-a cincea ecuaţii a modelului: ecuaţia constitutivă a efortului de frecare.

Ţinând seama de semnificaţiile fizice şi de definiţiile criteriilor de similitudine Euler, Froude, Reynolds şi Weber:

$$Eu = \frac{p}{\rho \cdot w^2}; \quad (22); \qquad Fr = \frac{w^2}{g \cdot l}, \quad (23)$$

$$Re = \frac{w \cdot l}{\nu}, \quad (24); \qquad We = \frac{w^2 \cdot l \cdot \rho}{\sigma}, \quad (25)$$

relaţia (21) se poate scrie:

$$grad\left(\frac{\beta_k \cdot \rho_k \cdot w_k^2}{2}\right) + \frac{w_k^2}{2} \cdot grad(\beta_k \cdot \rho_k) =$$

$$= -\frac{(Eu_k)_m}{(Eu_k)_r} \cdot grad(\beta_k \cdot p_k) + \frac{(1/Re_k)_m}{(1/Re_k)_r} \cdot \quad (26)$$

$$\cdot grad(\beta_k \cdot \tau_k) + \frac{(1/Fr_k)_m}{(1/Fr_k)_r} \cdot \beta_k \cdot \rho_k \cdot \mathbf{g}.$$

• Luând în considerare o posibilă dependenţă de tensiunea superficială, σ, a efortului de frecare, ceea ce ar implica:

$$K_\tau = \frac{K_\sigma}{K_l}, \quad (27)$$

o posibilă formă echivalentă a ecuaţiei (21) ar fi:

$$grad\left(\frac{\beta_k \cdot \rho_k \cdot w_k^2}{2}\right) + \frac{w_k^2}{2} \cdot grad(\beta_k \cdot \rho_k) =$$

$$= -\frac{(Eu_k)_m}{(Eu_k)_r} \cdot grad(\beta_k \cdot p_k) + \frac{(1/We_k)_m}{(1/We_k)_r} \cdot \quad (27)$$

$$\cdot grad(\beta_k \cdot \tau_k) + \frac{(1/Fr_k)_m}{(1/Fr_k)_r} \cdot \beta_k \cdot \rho_k \cdot \mathbf{g};$$

menţionăm că această abordare ar fi în concordanţă cu respectarea criteriului Weber, în experimentarea realizată de către EdF.

• Dacă, pentru efortul de frecare se ia în considerare o relaţie constitutivă de tipul (14), atunci, pentru ecuaţia (21), se obţine următoarea formă echivalentă:

$$grad\left(\frac{\beta_k \cdot \rho_k \cdot w_k^2}{2}\right) + \frac{w_k^2}{2} \cdot grad(\beta_k \cdot \rho_k) =$$

$$= -\frac{(Eu_k)_m}{(Eu_k)_r} \cdot grad(\beta_k \cdot p_k) + \frac{\left(\frac{\rho_L}{\rho_k} \cdot \frac{1}{Fr_k}\right)_m}{\left(\frac{\rho_L}{\rho_k} \cdot \frac{1}{Fr_k}\right)_r} \cdot \quad (28)$$

$$\cdot grad(\beta_k \cdot \tau_k) + \frac{(1/Fr_k)_m}{(1/Fr_k)_r} \cdot \beta_k \cdot \rho_k \cdot \mathbf{g}.$$

Se constată că, pentru asigurarea similitudinii dintre fenomenul real şi cel modelat, este necesar ca:

1. În funcţie de modul de definire a efortului de frecare, să fie respectat unul dintre seturile de condiţii:

• $Eu_{km} = Eu_{kr}$, $Re_{km} = Re_{kr}$, $Fr_{km} = Fr_{kr}$, $k = G, L$ (29)

sau

• $Eu_{km} = Eu_{kr}$, $We_{km} = We_{kr}$, $Fr_{km} = Fr_{kr}$, $k = G, L$ (30)

sau

• $Eu_{km} = Eu_{kr}$, $Fr_{km} = Fr_{kr}$, $(\rho_G/\rho_L)_m = (\rho_G/\rho_L)_r$, $k = G, L$. (31)

2. Ţinând seama că în zona de extracţie a umidităţii se realizează prelevarea filmului inelar de lichid, este necesară respectarea condiţiei suplimentare de menţinere a aceleiaşi grosimi relative a filmului de lichid:

$$\left(\frac{\delta_L}{d}\right)_m = \left(\frac{\delta_L}{d}\right)_r. \quad (32)$$

3. Analiza similitudinii parţiale

Având în vedere că, în modelarea experimentală, respectarea simultană a tuturor condiţiilor (29) sau (30) sau (31) nu este posibilă, se impune evaluarea calitativă a consecinţelor unei similitudini parţiale.

Pentru stabilirea influenţei criteriilor de similitudine asupra distribuţiei radiale a variabilelor modelului, relevantă este doar analiza ecuaţiei (17), în corelare cu ecuaţia efortului de frecare. În vederea precizării efortului de frecare, se va lua în considerare relaţia (14), urmând ca, în final, rezultatele să fie adaptate şi pentru celelalte două moduri de definire ale acestuia (evidenţiate indirect în ecuaţiile (26) şi (27)).

Ecuaţia (17) se poate scrie:

$$w_k^2 \cdot grad(\beta_k) + \frac{1}{2} \cdot \beta_k \cdot grad\left(w_k^2\right) =$$

$$= -Eu_k \cdot grad(\beta_k) + \left(\frac{\rho_L}{\rho_k} \cdot \frac{1}{Fr_k}\right) \cdot \beta_k \cdot grad(\tau_k) + \left(\frac{\rho_L}{\rho_k} \cdot \frac{1}{Fr_k}\right) \cdot$$

$$\cdot \tau_k \cdot grad(\beta_k) + (1/Fr_k) \cdot \beta_k \cdot \mathbf{g}. \qquad (33)$$

Ecuaţia vectorială (33) are componente pe direcţia versorilor $\mathbf{r}_0$ şi $\mathbf{z}_0$. Luând în considerare doar forma corespunzătoare direcţiei versorului $\mathbf{r}_0$, a ecuaţiei (33), se obţine:

$$w_k^2 \cdot \frac{\partial}{\partial r'}(\beta_k) + \frac{1}{2} \cdot \beta_k \cdot \frac{\partial}{\partial r'}\left(w_k^2\right) =$$

$$= -Eu_k \cdot \frac{\partial}{\partial r'}(\beta_k) + \frac{\rho_L}{\rho_k} \cdot \frac{1}{Fr_k} \cdot \beta_k \cdot \frac{\partial}{\partial r'}(\tau_k) + \qquad (34)$$

$$+ \frac{\rho_L}{\rho_k} \cdot \frac{1}{Fr_k} \cdot \tau_k \cdot \frac{\partial}{\partial r'}(\beta_k),$$

ceea ce conduce la:

$$\left(w_k^2 - \frac{\rho_L}{\rho_k} \cdot \frac{1}{Fr_k} \cdot \tau_k + Eu_k\right) \cdot \frac{\partial}{\partial r'}(\beta_k) + \beta_k \cdot \qquad (35)$$

$$\frac{\partial}{\partial r'}\left(w_k^2 - \frac{\rho_L}{\rho_k} \cdot \frac{1}{Fr_k} \cdot \tau_k + Eu_k\right) = \frac{1}{2} \cdot \beta_k \cdot \frac{\partial}{\partial r'}\left(w_k^2\right),$$

cu soluţia generală de forma:

$$\beta_k \cdot \left(w_k^2 - \frac{\rho_L}{\rho_k} \cdot \frac{1}{Fr_k} \cdot \tau_k + Eu_k\right) = \frac{1}{2} \cdot \qquad (36)$$

$$\cdot \int \beta_k \cdot \frac{\partial}{\partial r'}\left(w_k^2\right) \cdot dr' + C_k$$

Pentru rezolvarea ecuaţiei (36), se propune o aproximare polinomială a funcţiilor unitare de distribuţie radială. Simetria curgerii impune folosirea unor funcţii pare şi, suplimentar, pentru funcţia efortului de frecare, condiţia de anulare pe axa de simetrie a curgerii ($T_0 = 0$), astfel încât:

$$\beta_k(r') = \sum_{i=0}^{Nb} B_{2i} \cdot r'^{2i}, \qquad (37)$$

$$w_k^2(r') = \sum_{i=0}^{Nw} W_{2i} \cdot r'^{2i}, \qquad (38)$$

$$\tau_k(r') = \sum_{i=1}^{Nt} T_{2i} \cdot r'^{2i}. \qquad (39)$$

Analiza sistemului algebric obţinut conduce la următoarele observaţii:

1) menţinerea acceluiaşi grad polinomial pentru membrii ecuaţiei (36) impune ca gradul polinomului efortului de frecare să nu depăşească gradul polinomului pătratului vitezei: $Nt \le Nw$;

2) numărul necunoscutelor este:

$$(Nb+1)+(Nw+1)+Nt+1;$$

3) numărul ecuaţiilor este: $(Nb+Nw+1)+5$;

valoarea primului termen corespunde ecuaţiilor obţinute prin identificarea termenilor de acelaşi grad, în timp ce valoarea celui de al doilea termen este dată de condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească funcţiile implicate, şi anume:

$$\sum_{i=0}^{Nb} \frac{B_{2i}}{2i+1} = 1, \qquad (40); \qquad \sum_{i=0}^{Nw} \frac{W_{2i}}{2i+1} = 1, \qquad (41)$$

$$\sum_{i=1}^{Nt} \frac{T_{2i}}{2i+1} = 1, \qquad (42); \qquad \sum_{i=0}^{Nb} B_{2i} = 0, \qquad (43)$$

$$\sum_{i=0}^{Nw} W_{2i} = 0. \qquad (44)$$

Având în vedere că ar trebui luate în considerare şi alte restricţii, care să evidenţieze corelarea cu situaţia reală, este necesară includerea unor parametri, al căror număr, N_w-3, rezultă din condiţia de nedeterminare a sistemului algebric menţionat anterior; se constată că numărul acestor parametri nu depinde de gradul polinomului care modelează coeficientul de goluri, N_b.

Ţinând seama de consideraţiile anterioare, modelarea a fost realizată considerând: N_b=2 şi $N_w = N_t = 6$, deci admiţând existenţa a trei parametri.

Valorile criteriilor de similitudine implicate în relaţiile (26), (27) şi (28), definite conform relaţiilor (22), (23), (24), (25) şi calculate cu

ajutorul valorilor medii de debit, $\langle f \rangle$, centralizate în tabelul 1, sunt prezentate în tabelul 2.

Variaţia funcţiilor de tip polinomial, corespunzătoare fazei gazoase, care satisfac ecuaţia (36), a fost precizată cu ajutorul unui program MATCAD. În calculele numerice, valorile criteriilor de similitudine au fost, corespunzător, celc din tabelul 2, iar ca parametri au fost aleşi coeficientii W_0, W_2 şi B_0, valorile acestora fiind corespunzătoare datelor experimentale [3].

La modelarea comportării fazei lichide, respectarea axiomei constitutive a continuităţii (18), exprimată prin:

$$\langle \beta_G \rangle \cdot \left(B_4 \cdot r'^4 + B_2 \cdot r'^2 + B_0 \right) + \\ + \left(1 - \langle \beta_G \rangle\right)\left(b_4 \cdot r'^4 + b_2 \cdot r'^2 + b_0 \right) = 1, \quad (45)$$

impune condiţtiile:

$$b_4 = \frac{\langle \beta_G \rangle}{\langle \beta_G \rangle - 1} \cdot B_4, \quad (46)$$

$$b_2 = \frac{\langle \beta_G \rangle}{\langle \beta_G \rangle - 1} \cdot B_2, \quad (47)$$

$$b_0 = \frac{\langle \beta_G \rangle \cdot B_0 - 1}{\langle \beta_G \rangle - 1}. \quad (48)$$

Tabelul 2

Valorile criteriilor de similitudine care caracterizează separatorul de mare viteză şi modelul său (EdF)

Criteriul de similitudine	Valoarea în sistemul real	Valoarea în modelul EdF
Eu_G	79,777	79,607
Eu_L	$8{,}1105 \cdot 10^5$	$4{,}7082 \cdot 10^3$
Re_G	$5{,}4231 \cdot 10^6$	$1{,}1621 \cdot 10^6$
Re_L	$6{,}1858 \cdot 10^4$	$2{,}9843 \cdot 10^4$
Fr_G	$1{,}5539 \cdot 10^3$	$1{,}0522 \cdot 10^3$
Fr_L	$1{,}9492 \cdot 10^{-3}$	$227{,}68 \cdot 10^{-3}$
We_G	$1{,}2999 \cdot 10^5$	$9{,}8690 \cdot 10^3$
We_L	12,786	166,86
(ρ_G / ρ_L)	0,0128	0,0128
(δ_L / d)	0.19751	0,19835
N_R	$2{,}71 \cdot 10^{-3}$	$0{,}96 \cdot 10^{-3}$

Variaţia funcţiilor de tip polinomial, corespunzătoare fazei lichide, care satisfac ecuţia (36), a fost precizată cu ajutorul unui program MATCAD, profilurile funcţiilor unitare de distribuţie radiala $\beta_k, w_k, \tau_k = f(r')$ fiind concordante cu datele experimentale.

Ţinând seama că relaţiile (28) şi (36) sunt corolare ale aceluiaşi model, prima evidenţiind condiţia pe care modelul trebuie să o satisfacă pentru a fi similar cu sistemul real, în timp ce a doua modelează fenomenul în sine, evidenţiind ponderea cantitativă a criteriilor de similitudine în varierea procesului, concordanţa semnalată anterior,

- pe de o parte, *validează metoda aleasă pentru identificarea criteriilor de similitudine* care modelează zona de extracţie a umidităţii şi,
- pe de altă parte, *confirmă valabilitatea relaţiei (28) în modelarea zonei de extracţie a umidităţii.*

Desigur, înregistrarea unor consecinţe concordanţe cu datele experimentale, pentru modelul dezvoltat pe baza relaţiei (28), nu epuizează analiza.

1. Se impune, în primul rând, o evaluare a consecinţelor dezvoltării unor modele similare celui care a condus la relaţia (36), dezvoltate în concordanţă cu relaţiile (26) şi, respectiv, (27). Având în vedere asemănarea formală dintre relaţiile (26), (27) şi (28) (diferenţa înregistrându-se doar la nivelul coeficientului care exprimă efortul de frecare), pentru evaluarea consecinţelor este suficientă înlocuirea constantei corespunzătoare, din relaţia (36), în aplicaţia numerică MATCAD.

Se constată că modelele dezvoltate pe baza relaţiilor (26) şi, respectiv, (27), introduc modificări la nivelul distribuţiei efortului de frecare, în sensul unei creşteri extrem de importante a amplitudinii acestei distribuţii, aspect infirmat de datele experimentale -Serizawa, 1974, şi Wang, 1989.

2. În al doilea rând, modelul zonei de extracţie a umidităţii, prin evaluarea numerică a variaţiei soluţiei ecuaţiei (28) şi, corespunzător, a ecuaţiei (36), permite stabilirea influenţei criteriilor de similitudine în modelarea fenomenului, în cazul unei similitudini parţiale.

Se constată că influenţa criteriului de similitudine Eu_G este foarte importantă, cea a criteriului Eu_L este moderată, în timp ce criteriile de similitudine Fr_L şi Fr_G au o influenţă mai redusă.

4. Interpretarea datelor experimentale

Pe baza celor prezentate anterior, se poate aprecia că în procesul de modelare experimentală a

separatorului de mare viteză, realizat de EdF [3], unele elemente (I.) au fost corect evaluate, dar au fost şi aspecte (II.) insuficient luate în considerare.

I. Analiza efectuată în această lucrare confirmă importanţa respectării, în procesul modelării experimentale,

A - a criteriului Euler pentru faza gazoasă, Eu_G [3];

B - a raportului densităţilor fazelor, ρ_G / ρ_L [3, 4];

C - precum şi a grosimii relative a filmului de lichid, δ_L / d [3].

În acest sens, se impun următoarele observaţii:

- În [3], respectarea raportului densităţilor fazelor, ρ_G / ρ_L, apare ca o cerinţă exterioară bazei teoretice a experimentării (dar, incontestabil, necesară), în timp ce *această lucrare prezintă necesitatea respectării raportului densităţilor fazelor, ca pe o cerinţă decurgând logic dintr-un model coerent.*
- În [3], respectarea grosimii relative a filmului de lichid, δ_L / d, se realizează implicit prin intermediul criteriului Weber pentru filmul lichid, We_f, definit într-o manieră specifică, prin relaţia echivalentă:

$$We_f = \left(We_L \cdot \frac{w_G}{w_L} \right) \cdot \frac{\rho_G}{\rho_L} \cdot \frac{\delta_L}{d}, \qquad (49)$$

unde We_L este definit conform (22).

- Cercetarea experimentală realizată de EdF [3] s-a efectuat pe un model care a respectat, în comparaţie cu sistemul real, doar cele trei criterii amintite anterior (cf. tabelul 2).

II. Totuşi, în procesul de cercetare experimentală a separatorului de mare viteză ar fi fost necesară şi respectarea altor cerinţe.

A. Un prim aspect, evidenţiat explicit de modelul zonei de extracţie a umidităţii, se referă la criteriile de similitudine Fr_L, Fr_G şi Eu_L.

- Necesitatea respectării criteriilor de similitudine Fr_L, Fr_G se impune chiar cu o mai mare acuitate decât cea evidenţiată de modelul zonei de extracţie a umidităţii, având în vedere că aceste criterii de similitudine influenţează semnificativ curgerile bifazice desfăşurate altfel decât pe direcţie verticală.
- Criteriul de similitudine Eu_L (evidenţiind raportul dintre forţele de presiune şi cele inerţiale) joacă un rol important în explicarea discordanţei dintre rezultatele iniţiale, extrem de favorabile, dar înregistrate la o presiune p = 15MPa, şi cele ulterioare, mai puţin încurajatoare, dar corespunzătoare presiunii reale p = 21MPa (în ambele cazuri, testarea realizându-se pe separatorul real). Mai mult, criteriul de similitudine Eu_L asigură similitudinea continuităţii filmului lichid, ca şi a curgerii acestuia în zonele de schimbare a direcţiei, aşa cum este cea în care filmul se desprinde de pe suprafaţa colectoare a zonei de extracţie a umidităţii, urmând a fi antrenat de aburul secundar, pentru a fi recirculat.

B. Un alt aspect extrem de important în procesul cercetării experimentale a separatorului de mare viteză (cu deosebire a celui de tip Stein Industrie) este reprezentat de respectarea similitudinii fenomenului de reantrenare a picăturilor de lichid de către fluxul fazei gazoase. În acest sens, la nivelul modelului, ar trebui menţinut acelaşi raport între forţele de vîscozitate şi cele ale tensiunii superficiale, în corelare cu raportul densităţilor fazelor, comparativ cu sistemul real. Pentru evaluarea acestei similitudini, s-a utilizat criteriul numit *număr de reantrenare*, N_R, definit prin:

$$N_R = \frac{We_G}{Re_G} \cdot \sqrt{\frac{\rho_G}{\rho_L}}. \qquad (50)$$

Aşa cum se poate constata (tabelul 2), nici acest criteriu de similitudine nu a fost respectat în cadrul cercetării experimentale realizate de EdF.

Desigur, un aspect care ar trebui clarificat este reprezentat de evaluarea gradului în care aceste cerinţe suplimentare ale modelului ar fi putut fi respectate.

Asigurarea unei similitudini maximale a modelului presupune respectarea următoarelor cerinţe:

$$Eu_{Gm} = Eu_{Gr}, \qquad (51)$$

$$Eu_{Lm} = Eu_{Lr}, \qquad (52)$$

$$Fr_{Gm} = Fr_{Gr}, \qquad (53)$$

$$Fr_{Lm} = Fr_{Lr}, \qquad (54)$$

$$\left(\rho_G / \rho_L\right)_m = \left(\rho_G / \rho_L\right)_r, \qquad (55)$$

$$\left(\delta_L / d\right)_m = \left(\delta_L / d\right)_r. \qquad (56)$$

În condiţiile în care ar fi păstrate aceleaşi fluide de lucru pentru model, la aceiaşi parametri termodinamici, condiţia (55) ar fi îndeplinită şi ar fi fixate valorile pentru $K_{\rho_G}, K_{p_L}, K_{\rho_G}, K_{\rho_L}, K_\sigma$

având, evident, şi $K_g = 1$. În acest caz, cerinţele (51) - (56) impun, corespunzător, condiţiile:

$$K_{w_G} = \sqrt{\frac{K_{p_G}}{K_{\rho_G}}}, \quad (57)$$

$$K_{w_L} = \sqrt{\frac{K_{p_L}}{K_{\rho_{LG}}}}, \quad (58)$$

$$K_l = K_{w_G}^2 = \frac{K_{p_G}}{K_{\rho_G}}, \quad (59)$$

$$K_l = K_{w_L}^2 = \frac{K_{p_L}}{K_{\rho_L}}, \quad (60)$$

$$K_l = \frac{K_\sigma}{K_{w_G} \cdot K_{w_L} \cdot K_{\rho_L}}. \quad (61)$$

Se poate verifica uşor faptul că păstrând aceleaşi fluide de lucru pentru model, la aceiaşi parametri termodinamici, valorile rapoartelor de similitudine din relaţiile (57) şi (58) sunt foarte apropiate, $K_{w_G} = 0{,}5514$, respectiv, $K_{w_L} = 0{,}5524$, ceea ce asigură şi condiţia implicată de relaţiile (59) şi (60) pentru un factor de scară geometrică, $K_l = \frac{l_m}{l_r} = 0{,}3045$. Totuşi, în aceste condiţii, relaţia (61) nu mai este verificată şi, deci, condiţia (56) nu mai este satisfăcută. Mai mult, în situaţia în care se acceptă şi factorul de scară geometrică al modelului EdF, $K_l = 0{,}45$, sunt verificate doar condiţiile (51), (56) (şi, desigur, (55)).

Deci, în legătură cu capacitatea modelului EdF de a fi similar cu sistemul real, se poate constata că:

- dacă se păstrează aceleaşi fluide de lucru, la aceiaşi parametri termodiamici, dar la un factor de scară geometrică $K_l = 0{,}3045$, pot fi îndeplinite condiţiile (51) - (55);
- dacă se păstrează aceleaşi fluide de lucru, la aceiaşi parametri termodinamici şi se menţine acelaşi factor de scară geometrică $K_l = 0{,}45$, sunt îndeplinite condiţiile (51), (55) şi (56).

Având în vedere observaţiile anterioare, se poate formula următoarea propunere pentru ameliorarea modelului experimental al separatorului de mare viteză: *realizarea modelului la o scară geometrică* $K_l = 0{,}3045$.

Concluzii

Modelul matematic original al zonei de extracţie a umidităţii, propus în această lucrare, este foarte bine corelat cu datele experimentale ale EdF şi permite justificarea discrepanţelor semnalate între valorile consemnate în exploatarea echipamentului real şi datele obţinute în cercetarea experimentală pe model.

Modelul dezvoltat în această lucrare a permis şi posibilitatea ameliorării cercetării experimentale a separatorului de mare viteză, prin modificarea scării geometrice a modelului.

BIBLIOGRAFIE

[1] Ishii, M. *Thermo-fluid dynamic theory of two-phase flow*. Paris, Eyrolles, 1975.

[2] Lahey Jr., R. T. *The analysis of phase separation and phase distribution phenomena using two-fluid models*. Nuclear Engineering and Design, No. 122, 1990.

[3] Dueymes, E. *Study of high-velocity separator on an analogue fluid system*. Int. J. Multiphase Flow, Vol. 19, 1993.

[4] Assimacopoulos, D. *Wave propagation and nonequilibrium interphase processes in transient two-phase flows*. Appl. Math. Modelling, Vol. 12, 1988.

Referenţi: dr. ing. Nicolae Lemnean - ICPET, ing. Ion Bănică - GSCI, Bucureşti

(Primit la martie 1996, acceptat la 12 noiembrie 1997)

PRINCIPALELE MODIFICĂRI ADUSE STANDARDELOR ISO SERIA 9000 EDIŢIA 1995 FAŢĂ DE EDIŢIA 1991

Generalităţi

Ediţia 1995 a standardului ISO 9001 nu aduce modificări fundamentale faţă de structura şi cuprinsul ediţiei 1991, cu excepţia detalierii unor cerinţe în cadrul câtorva paragrafe noi: procedurile sistemului calităţii (4.2.2.), planificarea calităţii (4.2.3.), analiza proiectării (4.4.6.), validarea proiectului (4.4.8.) şi acţiuni preventive (4.14.2.6.).

Una din noutăţile aduse de standardele ISO seria 9000 ediţia 1995, o reprezintă extinderea domeniului de aplicare, în scopul satisfacerii clientului, realizată prin adăugarea elementului de sistem *"Service"* şi la standardul SR EN ISO 9002 din 1995.

Cerinţele standardelor ISO seria 9000 din 1995 comparativ cu cele din 1991 sunt tratate mai clar, facilitând astfel înţelegerea şi punerea în aplicare a acestora.

2. Prezentarea modificărilor

(în ordinea numerotării capitolelor standardului SR EN ISO 9001:1995)

0. Introducere

a) Se precizează că cerinţele standardului nu sunt aplicabile doar în relaţiile contractuale între două părţi, ci în orice situaţii, atunci când este necesară demonstrarea, de către un furnizor, a capabilităţii proprii sau pentru evaluarea capabilităţii furnizorului de către organisme externe.

b) Se specifică suplimentar că aceste standarde prezintă condiţii generale pentru implementarea sistemului calităţii, fiind independente faţă de orice sector industrial sau economic. Standardele nu au ca scop uniformizarea sistemelor calităţii, aplicându-se funcţie de obiectivele, produsele furnizate şi serviciile prestate şi de procesele/procedeele specifice utilizate de fiecare furnizor.

1. Domeniul de aplicare

a) S-au comasat cele două paragrafe din STAS ISO 9001:91 "1.1. *Obiect*" şi "1.2. *Domeniu de aplicare*".

b) Se accentuează faptul că cerinţele standardului sunt aplicabile oricând trebuie demonstrată capabilitatea unui furnizor de a proiecta şi livra produse conforme, chiar dacă există sau nu relaţii contractuale cu acesta.

c) Se precizează că cerinţele standardului au ca principal scop satisfacerea clienţilor, prevenirea apariţiei neconformităţilor în toate etapele, de la proiectare până la service, comparativ cu vechea ediţie al cărei scop era eliminarea neconformităţilor.

4. Condiţii referitoare la sistemul calităţii

4.1. Responsabilitatea managementului

4.1.1. Politica în domeniul calităţii

a) La termenul "conducerea furnizorului" din STAS ISO 9001:91, în SR EN ISO 9001:95 s-a adăugat "cu responsabilitatea executivă", reprezentând managementul cu putere de decizie.

b) S-a introdus cerinţa că *"politica în domeniul calităţii să fie adecvată scopurilor organizatorice ale furnizorului, precum şi aşteptărilor şi necesităţilor clienţilor acestuia"*.

4.1.2. Organizare

4.1.2.1. Responsabilitate şi autoritate

a) Standardul SR EN ISO 9001:95 specifică clar că toate responsabilităţile trebuie să fie documentate împreună cu interdependenţele existente între personalul care conduce, efectuează şi verifică activităţile care influenţează calitatea.

b) Se specifică, de asemenea, necesitatea de a se extinde aceste responsabilităţi, începând de la identificarea şi înregistrarea oricăror probleme până la iniţierea acţiunilor de prevenire a apariţiei neconformităţilor la produse, procese şi în funcţionarea sistemului calităţii.

4.1.2.2. Resurse

a) S-a modificat titlul (care în STAS ISO 9001:91 era *"Resurse şi personal pentru verificare"*) şi s-a extins cerinţa de a se identifica resursele necesare şi pentru activităţile de management, de execuţie, inclusiv pentru desfăşurarea auditurilor interne ale calităţii.

4.1.2.3. Reprezentantul managementului

a) Se clarifică autoritatea reprezentantului conducerii prin cerinţa că acesta trebuie să fie "unul din membrii managementului".

b) S-au extins responsabilităţile reprezentantului managementului cu aceea de *"a raporta managementului furnizorului despre funcţionarea sistemului calităţii, în vederea analizei şi pentru a servi ca bază a îmbunătăţirii sistemului calităţii"*.

c) S-a adăugat nota 5, care precizează că reprezentantului managementului i se atribuie şi responsabilitatea asigurării interfeţelor externe pe probleme referitoare la sistemul calităţii.

4.1.3. Analiza efectuată de management

a) S-a introdus cerinţa de a se stabili frecvenţa analizelor sistemului calităţii efectuate de management.

b) Se precizează că această analiză nu trebuie limitată doar la asigurarea că sistemul calităţii satisface cerinţele standardului, ci trebuie ca furnizorul să se asigure şi de continua adecvanţă şi eficacitate a politicii şi obiectivelor proprii în domeniul calităţii.

4.2. Sistemul calităţii

4.2.1. Generalităţi

a) Se precizează, explicit, necesitatea elaborării unui manual al calităţii, care să includă sau să facă referire la procedurile sistemului calităţii şi care să prezinte structura documentaţiei utilizate în cadrul sistemului calităţii.

b) În nota 6 se face referire la ISO 10013, standard ce prezintă îndrumări privind elaborarea manualelor calităţii.

4.2.2. Procedurile sistemului calităţii

a) Este un paragraf nou, inexistent în STAS ISO 9001:91, care prevede ca procedurile sistemului calităţii să fie elaborate funcţie de amploarea şi specificul activităţii desfăşurate, în conformitate cu cerinţele standardului şi politica în domeniul calităţii.

4.2.3. Planificarea calităţii

a) Este un paragraf nou, care detaliază nota 4.2. din STAS ISO 9001:91, făcând astfel deosebirea între "planul calităţii" şi "planificarea calităţii".

b) În nota 8 se menţionează că planurile calităţii pot face referiri la proceduri documentate ale sistemului calităţii al furnizorului.

4.3. Analiza contractului

a) Prezentarea elementului de sistem este detaliată, într-o nouă structură ce cuprinde:

4.3.1. Generalităţi
4.3.2. Analiză
4.3.3. Modificarea contractului
4.3.4. Înregistrări

b) Paragraful 4.3.2. *"Analiză"* precizează, în plus faţă de STAS ISO 9001:91, necesitatea analizei ofertei şi a comenzii. Apare, de asemenea, cerinţa suplimentară ca *"atunci când nu este disponibilă o formulare scrisă a condiţiilor pentru o comandă primită verbal, furnizorul să se asigure că, înainte de acceptare, condiţiile indicate în comandă sunt convenite"*.

c) *"Modificarea contractului"* este un paragraf nou, în care apare ca cerinţă explicită necesitatea identificării metodei prin care se efectuează modificarea unui contract şi a modului de transferare a acesteia funcţiilor implicate.

4.4. Controlul proiectării

4.4.2. Planificarea proiectării şi dezvoltării

a) Acest paragraf cuprinde şi cerinţele paragrafului 4.4.2.1.*"Repartizarea activităţilor"* din STAS ISO 9001:91.

b) Ca cerinţă suplimentară este prezentată necesitatea ca planurile elaborate în cadrul activităţii de proiectare *"să definească responsabilităţile pentru implementarea acestora"*.

4.4.4. Date de intrare ale proiectării

SR EN ISO 9001:1995 prevede cerinţa suplimentară ca la execuţia unui produs, pe lângă datele de intrare ale proiectării, furnizorul să identifice, să documenteze şi să selecteze *"condiţiile legale şi de reglementare aplicabile"*.

4.4.5. Date de ieşire ale proiectării

Este specificată cerinţa ca documentele care conţin datele de ieşire ale proiectării să fie analizate înaintea emiterii.

4.4.6. Analiza proiectării

Este un paragraf nou, care introduce cerinţa privind analiza rezultatelor pe etape de proiectare.

4.4.8. Validarea proiectului

Acest paragraf este nou, fiind introdus ca o necesitate a furnizorului de a se asigura că produsul este corespunzător cu necesităţile şi/sau condiţiile definite ale utilizatorului. Dacă sunt prevăzute utilizări diferite, pot fi efectuate mai multe validări.

4.5. Controlul documentelor şi al datelor

4.5.1. Generalităţi

a) Este introdusă ca cerinţă suplimentară aceea de control al datelor *"rezultate din documentele de proveniență externă, cum ar fi standarde şi desene ale clientului"* (în măsura în care este aplicabilă).

b) Nota 15 specifică posibilitatea de prezentare a documentelor şi datelor pe orice tip de suport (hârtie sau suport informatic).

4.5.2. Aprobarea şi emiterea documentelor şi datelor

a) Punctul "c" al acestui paragraf este introdus ca cerinţă suplimentară pentru asigurarea unui mod de identificare corespunzătoare a documentelor perimate, ce trebuie păstrate în scopuri juridice şi/sau de conservare a cunoştinţelor.

4.5.3. Modificările documentelor şi ale datelor

În SR EN ISO 9001:1995 s-a eliminat cerinţa expresă de reeditare a documentelor după un anumit număr de modificări.

4.6. Aprovizionare

4.6.2. Evaluarea subcontractanţilor

Se prevede explicit ca amploarea evaluării subcontractanţilor de către furnizor să depindă de "*impactul produsului subcontractat asupra calităţii produsului final şi de rapoartele auditurilor calităţii (atunci când este aplicabil) şi/sau de înregistrările calităţii referitoare la capabilitatea şi performanţele subcontractanţilor, demonstrate anterior*".

4.6.4. Verificarea produsului aprovizionat

a) Acest paragraf este refăcut în întregime şi structurat pe două subpuncte:

- 4.6.4.1. *Verificarea efectuată de furnizor la subcontractant;*
- 4.6.4.2. *Verificarea de către client a produsului subcontractat;*

b) La punctul 4.6.4.1. este prezentată clar cerinţa că "*furnizorul trebuie să specifice în documentele de aprovizionare înţelegerile referitoare la verificare şi metoda de eliberare a produsului*".

4.7. Controlul produsului furnizat de client

Este introdusă cerinţa suplimentară ca furnizorul să verifice şi activităţile conexe executate de client ce sunt încorporate în produsul/serviciul ce urmează a fi furnizat.

4.9. Controlul proceselor

a) S-a introdus suplimentar punctul "g", care prevede controlul modului de asigurare a mentenanţei echipamentelor ce conferă capabilitatea permanentă a proceselor.

b) Textul paragrafului 4.9.2. din STAS ISO 9001:91 "*Procese speciale*" nu mai este tratat separat, cerinţele regăsindu-se în textul acestui capitol.

c) Pentru procese speciale sunt stipulate condiţiile de execuţie a acestora numai cu operatori calificaţi, iar calificările proceselor, echipamentelor şi ale personalului executant trebuie să fie specificate.

4.10. Inspecţii şi încercări

4.10.1. Generalităţi

a) Este un paragraf nou, ce prevede necesitatea cuprinderii tuturor inspecţiilor şi încercărilor executate în planul calităţii sau în procedurile documentate împreună cu tipurile de înregistrări rezultate.

4.10.5. Înregistrările inspecţiilor şi încercărilor

a) Sunt detaliate condiţiile ce trebuie prevăzute în toate înregistrările rezultate în urma inspecţiilor şi încercărilor efectuate, referitoare la:

- admiterea sau neadmiterea produsului;
- definirea criteriilor de acceptare;
- indicarea autorităţii de inspecţie responsabilă pentru eliberarea produsului.

b) Este stipulat clar faptul că produsul neadmis în urma inspecţiilor şi încercărilor este tratat conform procedurii "*Controlul produselor neconforme*".

4.11. Controlul echipamentelor de inspecţie, măsurare şi încercare

Întreg paragraful este neschimbat, cu excepţia notei 18, care precizează că sistemul de confirmare metrologică pentru echipamentele de măsurare se poate realiza în conformitate cu standardul ISO 10012.

4.12. Stadiul inspecţiilor şi încercărilor

a) SR EN ISO 9001:95 nu impune utilizarea anumitor mijloace de identificare a stării inspecţiilor şi încercărilor, precizând doar că identificarea trebuie să fie făcută prin "mijloace adecvate".

b) Se precizează suplimentar faptul că trebuie identificate toate produsele ce au fost eliberate în urma acordării unei derogări după fabricaţie.

4.13. Controlul produsului neconform

Textul paragrafului a rămas acelaşi, dar s-a modificat denumirea subparagrafului "Analiza şi dispoziţia referitoare la neconformitate" (de la 4.13.1. din STAS ISO 9001:91) cu "*Analiza şi tratarea produsului neconform*" (paragraful 4.13.2. din SR EN ISO 9001:95).

4.14. Acţiuni corective şi preventive

4.14.1. Generalităţi

a) Este subparagraf nou, care precizează rolul acţiunilor corective şi preventive întreprinse, amploarea acestora şi aplicarea lor pentru produse, procese sau la sistemul calităţii.

b) Acţiunile corective sunt tratate separat de cele preventive, în două subparagrafe: 4.14.2. şi 4.14.3.

4.14.2. Acţiuni corective

a) S-a introdus suplimentar cerinţa de a se înregistra cauzele neconformităţilor nu numai la produse, ci şi la procese şi la sistemul calităţii şi de a se emite înregistrări privind rezultatele investigaţiei.

b) La punctul "c" se precizează clar faptul că acţiunile corective se întreprind pentru eliminarea cauzelor care au condus la apariţia neconformităţilor.

4.14.3. Acţiuni preventive

a) Acesta este un subparagraf nou, care explicitează etapele de desfăşurare a acţiunilor necesare eliminării unor potenţiale neconformităţi:

- utilizarea surselor adecvate de informaţii;
- determinarea etapelor de tratare a problemelor care necesită acţiuni preventive;
- implementarea efectivă a acţiunilor preventive şi înregistrarea acestora;
- controlul eficacităţii acţiunilor întreprinse.

b) La punctul "d" este stipulată cerinţa expresă ca toate înregistrările şi informaţiile referitoare la

acţiunile întreprinse să fie supuse analizei efectuate de management.

4.15. Manipulare, depozitare, ambalare, conservare şi livrare

a) Toate cerinţele acestui element de sistem sunt neschimbate, excepţie făcând introducerea noului subparagraf "4.15.5. *Conservare*", care prevede că produsele aflate sub controlul furnizorului trebuie să fie conservate şi izolate prin metode adecvate.

b) La subpragraful "4.15.4. *Ambalare*" s-a introdus cerinţa de a se controla şi ambalajele produselor nu numai procesele de ambalare şi marcare.

4.16. Controlul înregistrărilor calităţii

În cadrul acestui paragraf se menţionează că în procedurile documentate trebuie descris şi accesul la înregistrări, iar prin nota 19 se precizează că înregistrările pot fi prezentate pe orice suport (hârtie sau suport informatic).

4.17. Audituri interne ale calităţii

a) Paragraful este completat cu următoarele cerinţe:

- auditurile interne trebuie efectuate de personal independent, altul decât cel care are responsabilitate directă faţă de zona auditată;
- rolul auditului de urmărire este de a verifica şi înregistra modul de implementare şi eficacitate a acţiunilor corective întreprinse.

b) S-au introdus notele 15 şi 16 care prevăd că auditurile se desfăşoară în conformitate cu ISO 10011 şi că rezultatele auditurilor interne trebuie să fie cuprinse în datele de intrare ale analizelor efectuate de management.

4.19. Service

Acest paragraf a rămas neschimbat în SR EN ISO 9001:95, dar noutatea o reprezintă faptul că a fost introdus integral şi în SR EN ISO 9002:95.

4.20. Tehnici statistice

a) Acest element de sistem este prezentat mai clar prin structurarea lui în două subparagrafe:

- "4.20.1. *Identificarea necesităţii*", care face referire şi la domeniul de aplicare al tehnicilor statistice (stabilirea, controlul şi verificarea capabilităţii proceselor şi caracteristicilor proceselor);
- "4.20.2. *Proceduri*", care specifică necesitatea stabilirii şi menţinerii de proceduri documentate pentru implementarea tehnicilor statistice şi pentru controlul aplicării acestora.

ANEXA 1

Tabel de corespondenţă între elementele sistemului calităţii

Nr. paragrafului ISO 9001	Tipul paragrafului din ISO 9001	Asigurarea externă a calităţii		
		ISO 9001	ISO 9002	ISO 9003
4.1.	RESPONSABILITATEA MANGEMENTULUI	■	■	○
4.1.1.	Politica în domeniul calităţii	■	■	■
4.1.2.	Organizare	■	■	○
4.1.2.1.	Responsabilitate şi autoritate	■	■	○
4.1.2.2.	Resurse	■	■	■
4.1.2.3.	Reprezentantul managementului	■	■	■
4.1.3.	Analiza efectuată de management	■	■	■
4.2.	SISTEMUL CALITĂŢII	■	■	○
4.2.1.	Generalităţi	■	■	■
4.2.2.	Procedurile sistemului calităţii	■	■	■
4.2.3.	Planificarea calităţii	■	■	○
4.3.	ANALIZA CONTRACTULUI	■	■	■
4.3.1.	Generalităţi	■	■	■
4.3.2.	Analiză	■	■	■
4.3.3.	Modificarea contractului	■	■	■
4.3.4.	Înregistrări	■	■	■
4.4.	CONTROLUL PROIECTĂRII	■	X	X
4.5.	CONTROLUL DOCUMENTELOR ŞI AL ACTELOR	■	■	■
4.5.1.	Generalităţi	■	■	■
4.5.2.	Aprobarea şi emiterea documentelor şi datelor	■	■	■
4.5.3.	Modificările documentelor şi ale datelor	■	■	■
4.6.	APROVIZIONARE	■	■	X

ANEXA 1 (continuare)

Nr. paragr. ISO 9001	Tipul paragrafului din ISO 9001	Asigurarea externă a calităţii		
		ISO 9001	ISO 9002	ISO 9003
4.7.	CONTROLUL PRODUSULUI FURNIZAT DE CLIENT	■	■	■
4.8.	IDENTIFICAREA ŞI TRANSABILITATEA PRODUSULUI		■	O
4.9.	CONTROLUL PROCESELOR		■	X
4.10.	INSPECŢII ŞI INCERCĂRI	■	■	O
4.10.1.	Generalităţi	■	■	■
4.10.2.	Inspecţii şi încercări la primire	■	■	
4.10.3.	Inspecţii şi încercări în cursul fabricaţiei		■	
4.10.4.	Inspecţii şi încercări finale	■	■	O
4.10.5.	Înregistrările inspecţiilor şi încercărilor	■ □	■	O
4.11.	CONTROLUL ECHIPAMENTELOR DE INSPECŢIE, MĂSURARE ŞI ÎNCERCARE	■	■ □	■
4.11.1.	Generalităţi	■	■	■
4.11.2.	Procedură de control	■	■	■
4.12.	STADIUL INSPECŢIILOR ŞI ÎNCERCĂRILOR	■	■	■
4.13.	CONTROLUL PRODUSULUI NECONFORM	■	■	O
4.13.1.	Generalităţi	■	■	O
4.13.2.	Analiza şi tratarea produsului neconform	■	■	O
4.14.	ACŢIUNI CORECTIVE ŞI PREVENTIVE	■	■	O
4.14.1.	Generalităţi	■	■	X
4.14.2.	Acţiuni corective	■	■	O
4.14.3.	Acţiuni preventive	■	■	X
4.15.	MANIPULARE, DEPOZITARE, AMBALARE, CONSERVARE ŞI LIVRARE	■	■	■
4.15.1.	Generalităţi	■	■	■
4.15.2.	Manipulare	■	■	■
4.15.3.	Depozitare	■	■	■
4.15.4.	Ambalare	■	■	■
4.15.5.	Conservare	■	■	■
4.15.6.	Livrare	■	■	■
4.16.	CONTROLUL ÎNREGISTRĂRILOR CALITĂŢII	■	■	O
4.17.	AUDITURI INTERNE ALE CALITĂŢII	■	■	■
4.18.	INSTRUIRE	■	■	■
4.19.	SERVICE	■	■	X
4.20.	TEHNICI STATISTICE	■	■	O
4.20.1.	Identificarea necesităţii	■	■	O
4.20.2.	Proceduri	■	■	■

Legendă: ■ - cerinţă completă;
O - cerinţă mai puţin severă decât ISO 9001 şi ISO 9002;
X - element absent.

ANEXA 2

Prezentarea elementelor de sistem din SR EN ISO 9003:95 cu cerinţe mai puţin severe decât SR EN ISO 9001:95 şi SR EN ISO 9002:95

4.1. Responsabilitatea managementului

4.1.2. Organizare

4.1.2.3. Responsabilitate şi autoritate

Sunt trecute doar două cerinţe, specifice activităţii descrise de standard (inspecţii şi încercări finale), şi anume:

- a conduce inspecţii şi încercări finale;
- a se asigura că nu este utilizat sau livrat produsul finit care nu este conform cu specificaţiile.

4.2. Sistemul calităţii

4.2.3. Planificarea calităţii

Lipseşte punctul "c" din SR EN ISO 9001:95 ce face referire la *"asigurarea compatibilităţii proiectării, a procesului de producţie, a montajului, a service-ului, a procedurilor de inspecţie şi încercare cu documentaţia aplicabilă"*.

4.8. Identificarea şi trasabilitatea produsului

Nu apare primul alineat din SR EN ISO 9001:95 ce se referă la identificarea produsului *"începând de la recepţie şi pe parcursul etapelor de producţie, livrare şi montaj"* deoarece acest alineat nu face obiectul standardului SR EN ISO 9003:95.

4.10. Inspecţii şi încercări

4.10.4. Inspecţii şi încercări finale

Este tratat numai un singur tip de inspecţii şi încercări, cele finale, cu înregistrările aferente, care fac obiectul standardului SR EN ISO 9003:95. Cerinţele din standard sunt prezentate într-o formă mai concisă cu referiri exacte la activitatea descrisă.

4.10.5. Înregistrările inspecţiilor şi încercărilor

Este prezentată numai cerinţa ca pe înregistrările emise să se identifice autoritatea de inspecţie responsabilă pentru eliberarea produsului conform.

4.13. Controlul produsului neconform

Acest element de sistem nu este structurat pe subcapitole, fiind prezentat într-un mod unitar, cu câteva cerinţe specifice:

- stabilirea şi menţinerea controlului produsului neconform în conformitate cu specificaţiile, pentru a evita utilizarea şi livrarea neintenţionată;
- identificarea, documentarea, evaluarea, izolarea, tratarea produsului neconform şi înştiinţarea funcţiilor implicate;
- înregistrarea neconformităţilor sau a reparaţiilor executate, funcţie de modul de acordare derogărilor;
- reinspectarea produselor reparate şi/sau reprelucrate în conformitate cu planul calităţii şi/sau proceduri documentate.

4.14. Acţiuni corective şi preventive

În SR EN ISO 9003:95 acest element de sistem poartă denumirea de "acţiuni corective", tratând următoarele cerinţe:

- investigarea neconformităţilor depistate şi a reclamaţiilor clienţilor;
- determinarea, implementarea acţiunilor corective adecvate şi controlul eficienţei acestora;
- supunerea acţiunilor corective întreprinse analizelor efectuate de management.

4.16. Controlul înregistrărilor calităţii

În cadrul acestui element de sistem nu sunt cuprinse condiţii de control al tuturor înregistrărilor calităţii, ci numai al acelora pe care furnizorul le consideră adecvate pentru demonstrarea conformităţii produsului finit cu condiţiile specificate şi a funcţionării eficace a sistemului calităţii.

4.20. Tehnici statistice

Acest element de sistem este tratat într-un singur paragraf ce cuprinde două cerinţe:

- identificarea necesităţii de a aplica tehnici statistice pentru acceptarea caracteristicilor produselor;
- implementarea şi aplicarea tehnicilor statistice.

ing. MIHAELA TOMESCU , ing. ION RENŢEA - GSCI

DE PERSONIS

EMIL CONSTANTINESCU (1925 - 1997)

La 13 iulie 1997 a încetat din viaţă, departe de ţară, inginerul Emil Constantinescu, distinctă personalitate a energeticii româneşti din perioda de după cel de-al doilea război mondial.

S-a născut la Bucureşti la 6 noiembrie 1925.

A absolvit facultatea de Electromecanică a Institutului Politehnic din Bucureşti în anul 1949, obţinând ulterior şi titlul de doctor inginer, cu o teză referitoare la siguranţa schemelor de conexiuni electrice.

A făcut parte din prima echipă de ingineri a Institutului de Studii şi Proiectări Energetice - ISPE din Bucureşti, înfiinţat în anul 1949, şi a rămas în acest institut până în anul 1968, îndeplinind succesiv funcţii de proiectant, şef de proiect, şef de sector şi director tehnic.

În ISPE a participat activ la elaborarea unui mare număr de studii şi proiecte, având ca obiect: construcţia, organizarea şi funcţionarea sistemului energetic naţional.

În paralel a avut o susţinută activitate didactică la Institutul Politehnic din Bucureşti, în calitate de asistent, lector şi conferenţiar la Catedra de centrale electrice.

În perioada 1968 - 1978 a fost funcţionar superior la ONU, la sediul din Geneva (Elveţia), mai întâi ca secretar al Comitetului pentru Energie Electrică, iar ulterior director al Comisiei Economice pentru Europa. Începând cu anul 1978 şi până în momentul pensionării (1989) a lucrat în posturi de răspundere la firma ABB Sècheron din Elveţia.

Emil Constantinescu a efectuat un mare număr de cercetări în domeniul electroenergetic, care au fost prezentate la manifestări tehnico-ştiinţifice din ţară şi din străinătate. A publicat, în calitate, de coautor mai multe lucrări de specialitate, între care şi volumul *Instalaţiile electrice ale centralelor şi staţiilor* premiat de Academia Română în anul 1973.

Personalitate de elită în familia energeticienilor din ţara noastră, ing. Emil Constantinescu s-a remarcat prin competenţă profesională, precum şi printr-un deosebit "bun simţ tehnic".

Principial, dar fără aroganţă ori emfază, reuşea să se facă nu numai respectat, dar deopotrivă admirat şi iubit, deoarece ştia să găsească pentru fiecare cuvântul de înţelegere şi încurajare cel mai potrivit. Cei ce i s-au aflat în preajmă i-au apreciat de asemenea optimismul său tonic, stimulativ, precum şi abilitatea cu care să creeze pentru colaboratorii săi acea atmosferă destinsă de lucru atât de necesară valorificării întregului potenţial al acestora.

Decesul lui prematur ne-a îndurerat profund şi ne vom obişnuit greu cu gândul că ne-a părăsit pentru totdeauna.

Din energetica mondială

RESUSCITAREA INTERESULUI PENTRU ENERGIA FOTOVOLTAICĂ ÎN UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul ALTENER (1993-1997), elaborat de Uniunea Europeană, îşi propune stabilizarea emisiilor de CO_2 prin promovarea surselor de energie regenerabile şi favorizarea schimburilor comerciale cu energie obţinută din asemenea surse.

Programul are un buget de 40 mil. ECU şi prevede şi reducerea emisiei de CO_2 (în termeni cantitativi), prin dublarea ponderii energiei regenerabile în totalul surselor de energie ale Uniunii Europene - de la 4 % în anul 1991 la 8 % în anul 2005 - şi triplarea producţiei de electricitate pe bază de surse energetice regenerabile.

În domeniul carburanţilor biologici, piaţa acestora va ajunge la 5 % din totalul consumului de carburanţi.

Lipsa sprijinului din partea autorităţilor şi chiar refuzul acestora de a privi tehnologia fotovoltaică - una din sursele regenerabile de energie - ca o completare a surselor energetice convenţionale sunt restricţii principale în extinderea reţelelor de energie fotovoltaică. Cu toate acestea, în perioada 1988 - 1991, rata de creştere a utilizării energiei fotovoltaice a fost de 15 - 20 %; în anul 1994, circa 350 MW capacitate au fost instalaţi în întreaga lume, din care numai 70 MW numai în Europa.

Piaţa europeană este dominată de aplicaţii autonome (habitat rural, unităţi industriale în zone izolate), care reprezintă 43 % din totalul energiei utilizate. Conform previziunilor specialiştilor, cererea de energie în Asia şi Africa va fi satisfăcută, în perspectivă, în cea mai mare parte, de către tehnologiile fotovoltaice, iar Uniunea Europeană nu poate rămâne în afara acestor pieţe foarte avantajoase.

(Sursa: EUR-OP, nr.2/1996, p.11)

ec. G. Manea

Recenzie

HÜTTE - Manualul inginerului. Fundamente, Bucureşti, Ed. Tehnică, 1996, 138 p., 1586 fig.

Prestigioasa editură germană "Springer" a publicat a 29-a ediţie a manualului cunoscut de majoritatea inginerilor din lumea întreagă: HÜTTE. Editura Tehnică a reuşit, în condiţiile economice dificile prin care trece literatura tehnică românească, să scoată ediţia în limba română a acestui valoros "ghid" pentru inginerii de toate specialităţile.

Hütte este o lucrare unică în felul său în lume, rezumând într-un singur volum, ceea ce este mai important în toate domeniile ştiinţelor tehnice. Cu atât mai lăudabilă este iniţiativa Editurii Tehnice. Prima versiune în limba română, după ediţia a 27-a a "Hütte"-lui apărut în limba germană, a fost făcută în 1947, de un colectiv de profesori de la I.P.Timişoara, coordonat de reputatul academician prof. dr. ing. R. Răduleţ.

Actuala ediţie s-a bucurat de colaborarea unor specialişti români recunoscuţi în domeniile tematice ale lucrării, care au adus chiar unele completări ale versiunii germane, acceptate cu mulţumiri de autorii germani.

Cartea cuprinde cunoştinţele fundamentale complete ale inginerului, cu luarea în considerare a aplicaţiilor practice, şi corelează în mod fericit prezentarea succintă impusă cu caracterul cuprinzător al conţinutului.

Lucrarea are un capitol de **Matematici** (inclusiv **Statistică**) care cuprinde cunoştinţele matematice necesare pentru ştiinţele inginereşti (matrice, geometrie, diferenţială, tensori), urmat de un capitol important de fizică - tratând cu rigoare mărimile şi unităţile fizice, cinematica sistemelor de particole, dinamica solidului rigid, mecanica statistică şi termodinamică, câmpuri (electric, magnetic, electromagnetic) circuite, unde şi cuante, optică şi optică electronică.

În capitolul de **chimie** se tratează stoechiometria, structura atomului, termodinamica reacţiilor chimice, substanţe şi reacţii chimice, compuşi organici, hidrocarburi şi compuşi cu grupări funcţionale.

Urmează capitolul "**Materiale**" - structură, materiale metalice, anorganice, nemetalice, materiale organice şi polimeri, fluide tehnice şi solicitări de material, caracteristici fizico-chimice şi încercările materialelor.

În cadrul **mecanicii tehnice**, autorii abordează problemele solidului rigid (statică şi dinamică) vibraţii, teoria elasticităţii şi rezistenţa materialelor, dar şi mecanica fluidelor şi dinamica gazelor, iar la **termodinamica tehnică**, pe lângă aspectele fundamentale, se tratează agenţii termodinamici, metodele de calcul şi echilibrul fazelor pentru substanţe pure şi policomponente.

Unul dintre capitolele cele mai voluminoase este cel de **electrotehnică şi electronică**, în care se prezintă curentul electric continuu şi alternativ, circuitele liniare şi oscilante şi puterea în circuitele liniare. Transformatorul electric, curentul trifazat şi circuitele neliniare, liniile electrice, câmpul electrostatic şi cel electric staţionar, câmpurile magnetice şi electromagnetice şi undele electromagnetice sunt tratate amănunţit.

Trecând la problemele **electroenergeticii** se abordează principiile conversiei energiei, transportul energiei electrice şi problema protecţiei împotriva atingerilor indirecte, precum şi soluţii de evitare a accidentelor de natură electrică.

În domeniul **telecomunicaţiilor** se prezintă bazele şi metodele, iar la **dispozitivele electronice şi dispozitivele semiconductoare**, filtrele, circuitele digitale şi principalele tipuri de purtători de sarcină şi de joncţiuni, precum şi tranzistoarele, tiristoarele moderne şi dispozitivele optoelectronice (fotorezisteţe, fototranzistoare şi LED-urile).

Capitolul "**Tehnica măsurării**" se ocupă, pe baza principiilor sistemelor de măsurare, de senzori şi prelucrarea semnalelor de măsurare până la microelectronică şi microtehnică, iar în subcapitolul "**Comanda şi reglarea automată**" sunt tratate bazele şi aplicaţiile tehnicii măsurării.

"**Informatica tehnică**" orientată pe calculator cuprinde secţiunea "**Sisteme digitale**", "**Organizarea calculatorului**" şi "**Programe**", indicând algoritmi şi structură de date, limbaje de programare şi tehnică .

Lucrarea mai cuprinde capitolele "**Dezvoltare şi proiectare**" şi "**Standardizarea**" (noţiuni privind organizaţii, tehnici asistate de calculator şi exemple din domenii ca protecţia muncii şi a mediului).

De interes pentru ingineri sunt părţile de "**Drept şi legislaţie**" şi "**Brevete de invenţie**" ale manualului, care familiarizează inginerii cu activităţi mai puţin tangente cu preocupările lor clasice din trecut.

Fiecare capitol al lucrării este însoţit de o bibliografie selectivă şi semnificativă, în special de provenienţă anglo-saxonă.

Publicarea în limba română a acestei lucrări de căpetenie pentru ingineri este o reuşită notabilă a Editurii Tehnice, obţinută şi cu ajutorul important al Editurii "Springer", iar condiţiile grafice bune în care a apărut cartea permit să se concluzioneze că, timid, dar evident, activitatea de editare din ţara noastră a ieşit din conul de umbră şi se aliniază treptat la nivelul european.

Revista Energetica recomandă cu căldură recenta apariţie, considerând că ea nu trebuie să lipsească din nici una din bibliotecile tehnice din RENEL şi nici de pe masa de lucru a oricărui inginer.

M. L. Goia

CNE' 98

Scrisoare deschisă

adresată cititorilor revistei "Energetica", din ţară şi de peste hotare

Stimaţi cititori,

Ne face o reală placere ca şi pe această cale să vă anunţăm organizarea celei de a 4-a ediţii a **Conferinţei Naţionale a Energiei - CNE'98,** cu tema ***"Energia mâine. Reconcilierea eficienţei şi competitivităţii cu dezvoltarea durabilă".***

Conferinţa este organizată de către Comitetul Naţional Român al Consiliului Mondial al Energiei şi RENEL, cu sprijinul unor importante unităţi din ţară, dintre care amintim: Academia Română, PETROM, ROMGAZ, RAH, RAL, RADET, ISPE S.A., ISPH S.A., ICN Pitesti, UPB, FRE Constanţa, FE Constanţa şi se va desfăşura în perioada 14-18 iunie 1998 la Neptun, gazda noastră primitoare de la fiecare ediţie.

Organizată la fiecare doi ani, **Conferinţa Naţională a Energiei,** cu participare internaţională, este deja considerată un eveniment ştiinţific naţional de primă importanţă, cu o tradiţie solidă şi o reputaţie deosebită în domeniul energiei, bucurându-se de fiecare dată de participarea a peste 1000 de specialişti din mai mult de 30 de ţări, printre care reprezentanţi de marcă din importante organizaţii şi organisme interne şi internaţionale, autorităţi locale şi guvernamentale, precum şi personalităţi de renume şi experţi din România şi străinătate.

Reuşita incontestabilă a ultimei ediţii a conferinţei, care a avut loc în septembrie 1996 la Neptun, a fost demonstrată atât de mesajele de felicitări şi mulţumiri primite de către organizatori de la participanţii români şi străini, cât şi de ecourile din presa scrisă din ţară şi străinătate, conferinţa fiind inclusă de către Consiliul Mondial al Energiei în cele 5 Forum-uri Regionale de Energie.

Pentru cititorii care, din diferite motive, nu au primit încă programul CNE'98, spicuim, pe scurt, câteva din punctele cele mai importante:

Cele 4 divizii complexe ale Conferinţei sunt:

1. Reforma în domeniul energiei. Finanţarea investiţiilor (Politici şi strategii energetice; Probleme privind legislaţia; Piaţa energiei şi preţurile; Competiţia la producere şi vânzare; Privatizarea; Transparenţa. Educaţie; Finanţarea investiţiilor; Managementul în energetică)

2. Sisteme curate şi eficiente de alimentare cu energie (Tehnologii avansate de producere; Reabilitarea, tehnologii de mentenanţă; Regenerabile; Substituţia combustibililor; Reţele mai eficiente ale energiei)

3. Energia şi mediul înconjurător (Legislaţia energetică şi mediul înconjurător;

Costurile de externalizare şi internalizarea lor; Reducerea emisiilor şi impactul acestora. Tehnologii şi alte măsuri; Modele de simulare a dispersiei de emisii; Conformitatea cu angajamentele din Convenţia-cadru de schimbări climatice)

4. Servicii mai eficiente ale energiei (Tehnologii pentru creşterea eficienţei energetice; Companiile de servicii pentru energie şi probleme conexe energiei; Eficienţa energiei şi intensitatea energiei; Finanţarea eficienţei energetice; DSM şi IRP).

Parteneriatul CNE'98, în cadrul căruia agenţii economici interesaţi pot să-şi prezinte profilul unităţii, produsele şi echipamentele, prin organizarea de **mese rotunde, standuri tematice** (12 m^2) în cadrul **expoziţiei CNE'98** special amenajate, proiecţii de **filme tehnice** de 35 mm şi casete video, **vizite tehnice** în timpul şi după conferinţă, **publicitate** în volumul conferinţei.

Programul CNE'98 mai cuprinde:

• **Programul social** special organizat pentru participanţi cât şi pentru persoanele însoţitoare.

• **Vizite turistice** pentru persoane însoţitoare.

CNE'98 este susţinută de un mare număr de unităţi de profil din ţară şi străinătate, care şi-au manifestat interesul de a obţine calitatea de **partener al conferinţei**, lista acestora rămânând deschisă.

S-au primit deja confirmări de participare cu rapoarte din partea unui mare număr de specialişti din ţară şi străinătate. Lista rămâne deschisă până la 15 decembrie a.c.

Relaţii suplimentare se pot obţine de la Secretariatul general CNE'98, Bd.Energeticienilor nr.8, Sector 3, 79619 Bucureşti, tel.: 321 4465, 321 4365, fax: 321 4465, 321 1010.

Ella Ratcu

Gheorghe Bălan

Coordonatori CNE'98

INHALT

VERONICA IONŢĂ : Aspekte der Einwirkung auf die Umwelt des Wasserkraft- Anlagensystems Eisernes Tor. 491
SORIN MIHAI : Fortschreitende Prozesse in salzhaltigen Gesteinen und die Folgeerscheinungen in der Umwelt. 501
ION ROGOCIU : Internationale und rumänische Praktiken bei der Qualitätssicherung in der Kernenergiewirtschaft. 508
FLORIN ALEXE, GHEORGHE LAZĂROIU: Die dynamische Modellierung eines PHWR-Kernkraftwerks. 513
EMIL STATIE, LUCIAN MÂNDREA: Analyse der experimentellen Forschung zur Entwicklung eines HochgsQwindigkeits - Feuchte abscheiders 518

INFORMATIONEN
ION RENŢEA, MIHAELA TOMESCU: Die wichtigsten Änderungen im Standard ISO 9000 Ausgabe 1995 gegenüber dem Stand des Jahres 1991. 526
CNE'98 534

DE PERSONIS 507, 532

DIE ENERGIIEWIRTSCHAFT WELTWEIT 532

REZENSION
LAURENŢIU GOIA : xxx HÜTTE - Ingenieurhandbuch.Grundlagen. 533

SOMMAIRE

VERONICA IONIŢĂ : Des aspects concernant l'impact du système hydro - énergétique Porţile de Fier sur l'environnement 491
SORIN MIHAI : Des processus en développement dans les roches salifères et leur conséquences sur l'environement 501
ION ROGOCIU : L'assurance de la qualité dans le domaine de l'énergtique nucléaire; des procédures internationales et roumaines 508
FLORIN ALEXE, GHEORGHE LĂZĂROIU: La modélisation dynamique de la centrale nucléaire - électrique du type PHWR 513
EMIL STATIE, LUCIAN MÂNDREA: L'analyse de la recherche expérimentale sur le séparateur à grande vitesse 518

INFORMATIONS
ION RENŢEA, MIHAELA TOMESCU: Les principales modifications aux normes ISO 9000 - l'édition de 1995 comparée avec celle de 1991 526
CNE'98 534

DE PERSONIS 507, 532

L'ENERGIE DANS LE MONDE 532

COMPTE - RENDUE
LAURENŢIU GOIA : xxx HÜTTE - Le manuel de l'ingineur. Le principes de base 533

CONTENT

VERONICA IONIŢĂ : Consequences of the Porţile de Fier hydropower system impact on the environment 491
SORIN MIHAI : Saliferous rocks dissolving processes and their environmental consequences 501
ION ROGOCIU : Quality assurance in the field of nuclear power, international and Romanian practice 508
FLORIN ALEXE, GHEORGHE LĂZĂROIU: Dynamic modelling of a PHWR type nuclear power plant 513
EMIL STATIE, LUCIAN MÂNDREA: Experimental research of high velocity separator analysis 518

INFORMATION
ION RENŢEA, MIHAELA TOMESCU: Main modifications of ISO 9000 Standards (the 1995 issue against the 1991 one) 526
CNE'98 534

DE PERSONIS 507, 532

ENERGY WORLDWIDE 532

REVIEW
LAURENŢIU GOIA: x x x HÜTTE - Engineer's Handbook. Fundamentals 533

СОДЕРЖАНИЕ

ВЕРОНИКА ИОНИЦЭ: Аспекты влияния гидроэнергетической системы Железные Варота на окружающую среду 491
СОРИН МИНАЙ: Процессы растворения в соленосных породах и влияние на окружающую среду 501
ИОН РОГОЧУ: Международная и румынская практика в области обеспеченя качества в ядерной энергетике 508
ФЛОРИН АЛЕКСЕ, ГЕОРГЕ ЛЭЗЭРОЙУ: Динамическое моделирование АЭС типа PHWR 513
ЕМИЛ СТАТИЕ, ЛУЧИАН МЫНДЕА: Анализ ипытательных исследований по разработке скоротного сепаратора влаги 518

ИНФОСМАЦИЯ
ИОН РЕНЦЕА, МИХАЕЛА ТОМЕСКУ: Главные изменения в нормах ISO 9000 выпуска 1995 г по сравнению с 1991 г 526
CNE'98 534

DE PERSONIS 507, 532

С МЕЖДУНАРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ 532

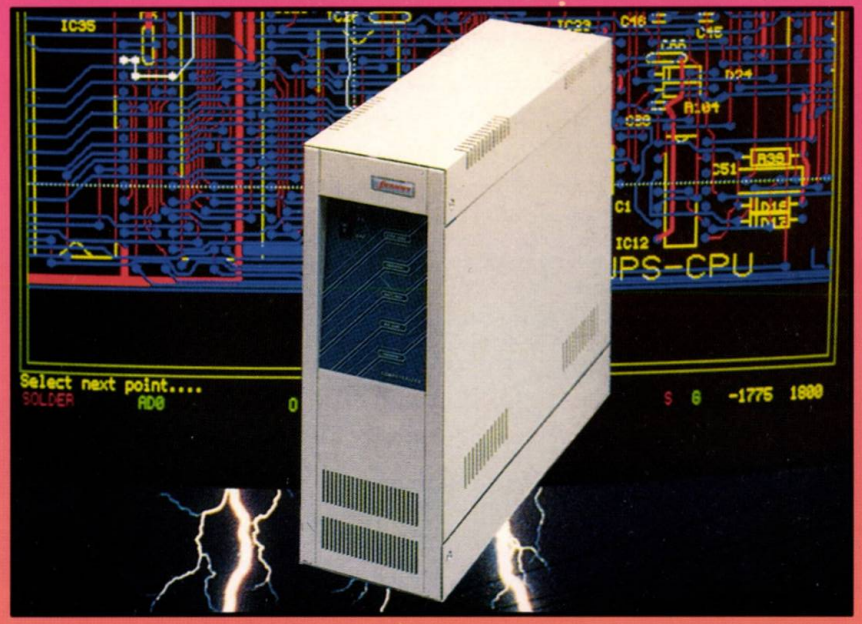
РЕЦЕНЗИЯ
ЛАУРЕНЦИЮ ГОЯ: x x x ХЮТТЕ - Сиравочьник инженера. Основы 533

MOSZKVAI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR 1982

RO SHANDY s.r.l.

TEL.: 0040/1/746.05.67
TEL./FAX: 0040/1/312.95.10
BUCUREŞTI sector 6,
BD. TIMIŞOARA 39, bl. 36, ap.11

15 KW generating plant with 3000 rpm Lombardini motor

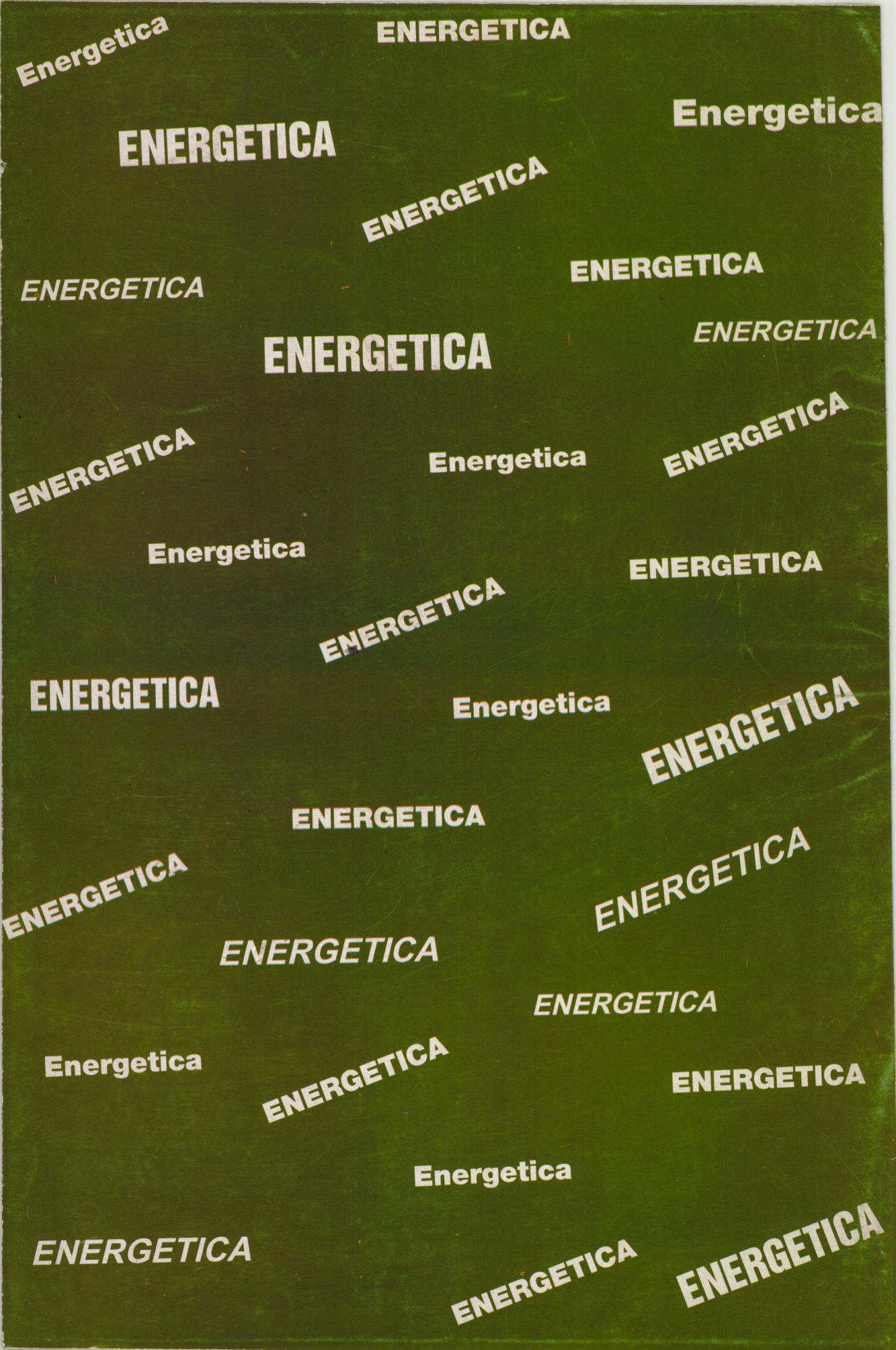


Societatea româno-italiană **RO SHANDY SRL** a fost creată ca societate mixtă cu parteneri italieni producători de echipamente electronice. Societatea funcţionează în domeniile: comerţ, producţie, proiectare, service pe echipamente fabricate în ITALIA.

Echipamentele pe care le oferim sunt următoarele:

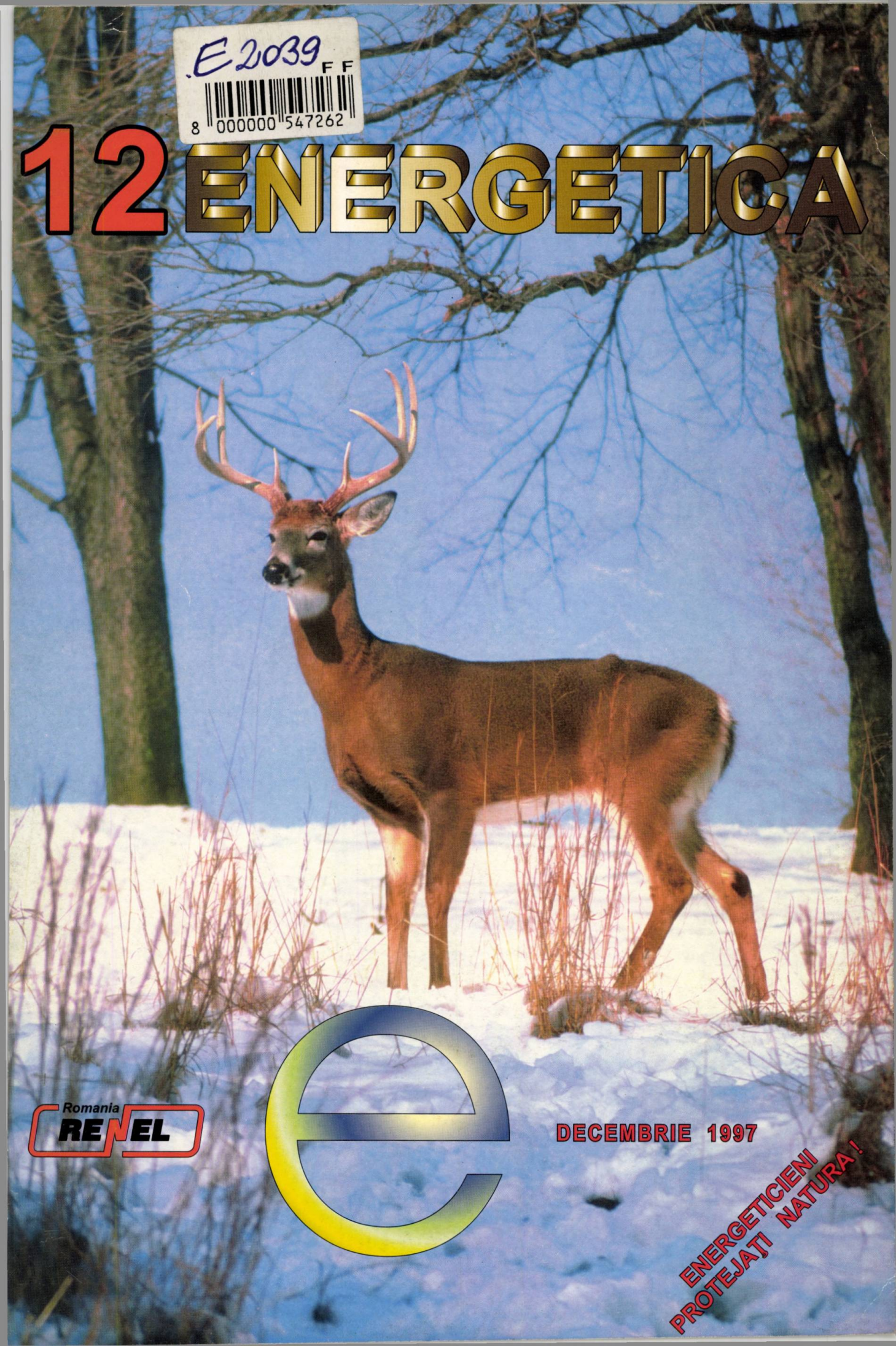
- **SURSE DE ALIMENTARE NEÎNTRERUPTĂ** (UPS) în gama 100W...26kVA cu aplicaţii de alimentare a calculatoarelor şi reţelelor de calculatoare, sisteme de telecomunicaţii, centrale digitale, aparatură medicală, procese automatizate.
- **INVERTOR+REDRESOR** gama 500 VA.....800 kVA cu aplicaţii industriale, navale etc.
- **INVERTOARE SPECIALE** 110 Vc.c./220 Vc.a. şi 220 Vc.c./220 Vc.a. pentru staţii electrice RENEL.
- **STABILIZATOARE C.A** mono şi trifazate 300 W.....100 kVA.
- **REDRESOARE** cu microprocesor pentru încărcarea bateriilor.
- **CONVERTIZOARE TRIFAZATE c.a./c.c.** reversibile, cu recuperare de energie în reţea, controlate cu microprocesor.
- **CONVERTIZOARE STATICE DE FRECVENŢĂ FIXĂ** în gama 45...400 Hz şi puteri 1...600 kVA.
- **CONVERTIZOARE STATICE DE FRECVENŢĂ VARIABILĂ** pentru acţionarea motoarelor asincrone, monofazate şi trifazate, cu microcontroler şi control de câmp cu puteri 0,75....110 kW.
- **DEMAROR DE MOTOARE ASINCRONE**
- **GRUPURI ELECTROGENE** cu motoare IVECO AIFO, CUMMINS, PERKINS, VOLVO PENTA, SAME, VM, LOMBARDINI, LISTER PETTER, cu gama între 2...1400 kVA, răcire cu apă sau aer insonorizate, mobile sau construite în bază fixă.

Întreprinderea producătoare italiană *SHANDY* este atestată ISO 9001, iar produsele sunt omologate de institutul german FACHAUSSCHUB ELEKTROTECHNIK.


Energetica
ENERGETICA
ENERGETICA
Energetica
ENERGETICA
ENERGETICA
ENERGETICA
ENERGETICA
ENERGETICA
Energetica
ENERGETICA
Energetica
ENERGETICA
ENERGETICA
ENERGETICA
Energetica
ENERGETICA
ENERGETICA
ENERGETICA
ENERGETICA
ENERGETICA
Energetica
ENERGETICA
ENERGETICA
Energetica
ENERGETICA
ENERGETICA
ENERGETICA

E 2039 F F
8 000000 547262

12 ENERGETICA



Romania RENEL

e

DECEMBRIE 1997

ENERGETICIENI PROTEJAȚI NATURA!

Tipo-Aktis

Tipografie - Editură

Strada Popa Nan nr. 30, Sector 2, BUCUREŞTI
Tel./Fax: (01) - 635.13.53; 642.51.97; 642.75.23; 250.66.06

ENERGETICA e®

ISSN: 1220 - 5133

REVISTA DE SPECIALITATE A ENERGETICIENILOR DIN ROMÂNIA

ANUL 45 Nr.12 DECEMBRIE 1997

Include şi *Buletin Informativ ENERGETICA*

Revista ENERGETICA a fost înfiinţată în anul 1953, continuând tradiţia vechilor publicaţii inginereşti care au avut preocupări în domeniul energiei ca, de exemplu:
- Diaru pentru vulgarizarea ştiinţelor naturale şi fizice (1870 - 1882);
- Buletinul Societăţii Politehnice (1887 - 1944);
- Buletinul Asociaţiei Generale a Inginerilor din România - AGIR (1919 - 1946);
- ENERGIA, editată de ing. Dumitru Leonida (1921);
- Buletinul Asociaţiei Producătorilor şi Distribuitorilor de Energie Electrică - APDE (1932 - 1944);
- Buletinul Institutului Român de Energie - IRE (1933 - 1944)

COLEGIUL DE REDACŢIE

BIROUL: dr. ing. Eugeniu PAVEL- preşedinte ; ing. Vasile RUGINĂ - redactor-şef; dr. ing. Jean CONSTANTINESCU - redactor-şef adjunct; prof. dr. ing. Dumitru Cezar IONESCU - redactor-şef adjunct; dr. ing. Laurenţiu GOIA - secretar de redacţie; ing. Lucian LEFTER; ing. Ion CONECINI; ing. Vladimir CONSTANTINESCU; conf. dr. ing. Virgil MUŞATESCU; ing. Dan GHEORGHIU; ing. Nicolae NICULESCU; dr. ing. Ioan GANEA; ing. Mihai NICOLAU

MEMBRI: prof. dr. ing. Florin ALEXE; ing. Ovidiu APOSTOL; prof. dr. ing. Victor ATHANASOVICI; prof. dr. ing. Adrian BADEA ; prof. dr. ing. Cornel BIANCHI; ing. Paul CARTIANU; ing. Mircea CÂRDU; prof. dr. ing. Dorin CRISTESCU; prof. dr. ing. Nicolae DĂNILĂ; prof dr. ing. Nicolae GOLOVANOV ; prof. dr. ing. Dumitru IVAS; prof. dr. ing Aureliu LECA; dr. ing. Gheorghe LUCA; dr. ing. Magdalena MATEI; ing. Cornel MOŢIU; prof. dr. ing. Constantin NEAGA; prof. dr. ing. Mircea NEMEŞ; prof. dr. ing. Valeriu NISTREANU; ing. Cornel PÂSLARU; prof. dr. ing. Alexandru POEATĂ; dr. ing. Marius POMÂRLEANU; prof. dr. ing. Florin POP; dr. ing. Teodor POPA; dr. ing. Anca POPESCU; ing. Miron POPESCU; prof. dr. ing. Petre POSTOLACHE; dr. ing. Dan Ion PREDOIU; ing. Constantin RADU; ing. Radu REGMAN; dr. ing. Gabriel ROMAŞCU; ing. Anton ROŞU ; ing. Margarios SALGIAN; ing. Alexandru SĂNDULESCU; ing. Emilian SIMIAN; ing. Cristian TOTOLO; dr. ing. Anton VLĂDESCU.

REDACTOR: Ana Maria CHIVU tel. 322.06.92
321 69 66/149

©Toate drepturile asupra acestei publicaţii sunt rezervate editorului. Orice reproducere, integrală sau parţială, prin indiferent ce mijloace, a materialelor apărute în paginile publicaţiei se poate face numai cu aprobarea editorului. Sunt autorizate numai citările incluse în lucrări ştiinţifice sau în alte volume, cu precizarea sursei. Opiniile exprimate în articolele publicate în revistă aparţin autorilor şi nu reflectă în mod obligatoriu punctul de vedere al editorului. Orice persoană juridică sau fizică a cărei acţiune este în concordanţă sau în contradicţie cu opiniile exprimate în materialele publicate îşi asumă riscurile urmărilor, editorul şi autorii neavând nici o răspundere.

CUPRINS

CONSTANTIN MOLDOVEANU, VLAD ROŞCA, CONSTANTIN VLAICU , SORIN GRIGORESCU, OVIDIU CODREANU: Metode perfecţionate de detecţie a deformării înfăşurărilor transformatoarelor de putere în exploatare 539

MIRON LAURENŢIU GOIA: Noi aspecte privind soluţiile de tratare a neutrului reţelelor de medie tensiune 544

ANIŞOARA BUTNARU: ASKAREL 550

NICOLAE GOLOVANOV, ION CONECINI: Influenţa noncalităţii energiei electrice asupra consumatorilor industriali 562

INFORMAŢII

ION RENŢEA, MIHAELA TOMESCU: Fiabilitatea şi mentenanţa echipamentelor şi instalaţiilor energetice - costuri ale calităţii în cadrul RENEL 571

DE PERSONIS

EUGENIU PAVEL: Prof. dr. ing. Cornel Bianchi 575

DE LA COMITETUL NAŢIONAL ROMÂN AL CIGRÉ

ELLE RATCU: SYNEP'97 576

CUPRINSUL GENERAL AL REVISTEI ENERGETICA PE ANUL 1997 582

INDICE ALFABETIC AL AUTORILOR ARTICOLELOR APĂRUTE ÎN REVISTA ENERGETICA ÎN ANUL 1997 585

Our review publishes ADVERTISMENTS for your PRODUCTS, TECHNOLOGIES, SERVICES, etc.

Please, contact us at the address:
Revista ENERGETICA
GSCI, B-dul Energeticienilor nr.8,
Bucureşti III, RO 79619
Phone : (401)322.06.92 ; (401)321 69 66/149
Fax: (401)321 10 10
Telex: 10783 gsci r

INFORMAŢII, ABONAMENTE, PUBLICITATE
Maria Tomescu (tel. 323 67 30/143)
Silvia Romanescu (tel: 323 67 30/143)
DIFUZARE: *Adela Popescu* (tel: 323 67 30/188)

Abonamentele se pot face prin dispoziţie de plată sau mandat poştal trimis pe adresa editorului. Se pot face abonamente şi cu piata direct la sediul editorului. Costul unui abonament anual este 132 000 mii lei.
Cititorii din străinătate se pot abona prin achitarea c/v abonamentului (120 $) în contul editorului .
CONT BANCAR: 30.11.8.01.01. BCR Filiala sector 3, Bucureşti (lei)
472171611010 (valută)

Procesare computerizată : *Domnica Câmpeanu*
TIPAR:CIDE - Serviciul Tipografie.
Coperta tipărită la TIPO - AKTIS, Bucureşti

Redacţia şi administraţia : B-dul Energeticienilor, nr. 8, sector 3, 79619, Bucureşti

METODE PERFECŢIONATE DE DETECŢIE A DEFORMĂRII ÎNFĂŞURĂRILOR TRANSFORMATOARELOR DE PUTERE ÎN EXPLOATARE

dr. ing. CONSTANTIN MOLDOVEANU *; ing. VLAD ROŞCA*, dr. ing. CONSTANTIN VLAICU** , ing. SORIN GRIGORESCU** ; ing. OVIDIU CODREANU*

În lucrare sunt prezentate două sisteme de detecţie a deformării înfăşurărilor transformatoarelor, sisteme care au fost realizate recent şi experimentate la transformatoarele de putere din instalaţiile RENEL. Sistemul de diagnosticare prin analiza răspunsului în frecvenţă este comandat de un calculator portabil, întregul proces de investigare fiind automatizat. Sistemul de diagnosticare prin impulsuri de joasă tensiune foloseşte calculatorul portabil pentru achiziţia şi prelucrarea rezultatelor. La ambele sisteme de diagnosticare concluziile privind starea înfăşurărilor transformatorului pot fi precizate imediat după investigare. Cele două sisteme de măsură au o foarte mare sensibilitate şi o bună reproductibilitate. Verificarea transformatoarelor de putere din exploatare se efectuează uşor, iar detecţia deformării înfăşurărilor este posibilă chiar dacă nu sunt disponibile alte date.

The paper presents two detection systems of the transformer winding deformation. The systems have been recently developed and tested on the power transformers of RENEL installations.The diagnosis system through frequency response is controlled by a portable computer. The whole investigation process is automated .The diagnosis system through low voltage impulses uses portable computer for the results acquisition and processing . For both diagnosis systems the conclusions regarding the transformer windings condition can be given immediately after the investigation is completed. The two measuring systems are verysensitive and a fair reproductibility. The operational power transformers can be easily checked, while the detection of the windings deformation can be performed even whwn other data is natacailable.

Descriptori: transformatoare de putere, mentenanţă, defectoscopic, impuls j.t., răspuns frecvenţă

Metodele clasice de defectoscopie precizate în instrucţiunile de exploatare (constând în măsurarea rezistenţei înfăşurărilor în curent continuu, măsurarea rezistenţei de izolaţie, măsurarea raportului de transformare, măsurarea curenţilor de magnetizare, măsurarea impedanţei de scurtcircuit etc.) sunt insensibile pentru detecţia deformării înfăşurărilor transformatoarelor din exploatare.

Metodele bazate pe aplicarea impulsurilor de joasă tensiune şi respectiv pe analiza răspunsului în frecvenţă sunt mult mai sensibile, deşi o atenţie deosebită trebuie acordată diverselor influenţe (de exemplu perturbaţiile electromagnetice, capacităţile parazite momentane ale cablurilor de conexiune etc.), întrucât acestea pot afecta rezultatele investigării.

GSCI - Laboratorul de Transformatoare Electrice (LTE) foloseşte, în scopul detecţiei deformărilor înfăşurărilor la transformatoarele de putere din exploatare, începând cu anul 1980, tehnica de detecţie bazată pe metoda impulsurilor de joasă tensiune, iar din anul 1992 şi tehnica bazată pe analiza răspunsului în frecvenţă.

* RENEL - GSCI
** Universitatea "POLITEHNICA" Bucureşti

Echipamentul de încercare

Cele două metode de defectoscopie, constând din aplicarea impulsurilor de joasă tensiune şi respectiv din analiza răspunsului în frecvenţă, se bazează pe modificarea inductanţelor şi a capacităţilor locale ale structurii înfăşurării, determinată de deformarea bobinelor sau de alte defecţiuni în înfăşurare, care ar avea drept consecinţă schimbarea valorilor acestor capacităţi sau inductivităţi locale. În figura 1 este prezentată distribuţia rezistenţelor, inductanţelor şi capacităţilor înfăşurării unui transformator. Ea este caracteristică pentru o anumită dispunere concretă a înfăşurărilor unui transformator, la un moment dat. Valorile rezistenţelor, inductanţelor şi capacităţilor din acest circuit echivalent se modifică datorită deformării sau altor defecţiuni produse la înfăşurare de solicitările electrodinamice.

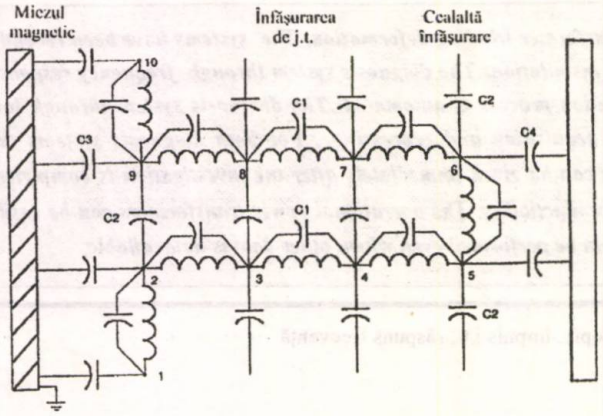


Fig. 1. Schema electrică simplificată a înfăşurărilor.

Metoda impulsurilor de joasă tensiune constă din aplicarea unor impulsuri de joasă tensiune, cu caracteristici cunoscute, la una din bornele transformatorului investigat, recepţionarea semnalelor de răspuns la celelalte borne ale transformatorului, prelucrarea semnalelor menţionate şi respectiv interpretarea rezultatelor obţinute. Pentru aceasta, transformatorul de putere este deconectat de la sistem, iar toate conexiunile exterioare la bornele sale sunt desfăcute.

Echipamentul de defectoscopie prin metoda impulsurilor de joasă tensiune folosit în prezent de LTE are următoarele părţi componente: generatorul de impulsuri de tensiune, osciloscopul analog-digital, calculatorul (lap top) şi accesoriile: modul distribloc, cabluri de conexiune, sonde, ecrane etc. (fig. 2).

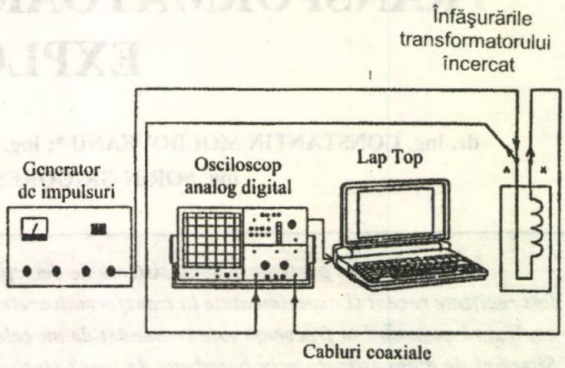


Fig. 2. Componentele principale ale echipamentului de defectoscopie prin impulsuri de joasă tensiune.

Generatorul produce impulsuri de tensiune treaptă având următoarele caracteristici: timpul de creştere maximum 200 ns, durata reglabilă în domeniul 1-15 μs, amplitudine 500 Vv sau 850 Vv pe o sarcină echivalentă la ieşire formată dintr-o rezistenţă de 75 Ω în paralel cu o capacitate de maximum 25 nF, frecvenţa de repetiţie 50 Hz.

Osciloscopul analog digital are domeniul de frecvenţă analog cuprins între 0 şi 100 MHz, viteza de eşantionare 40 MS/s, capacitate de memorare proprie 2 kB, interfaţa pentru cuplare la imprimantă proprie sau la un calculator compatibil XT/AT.

Calculatorul este de tip lap top 486 SLC, 50 MHz, 4 MB RAM, 130 MB HDD, VGA color.

Partea de soft a acestui nou echipament constă din pachetul de programe care asigură interfaţa cu utilizatorul, înregistrarea rezultatelor măsurătorilor, prelucrarea acestor rezultate (prin suprapunerea rezultatelor obţinute în aceeaşi perioadă de timp sau în perioade de timp diferite şi prin determinarea diferenţelor cantitative între acestea), prezentarea grafică a rezultatelor şi lucrul cu fişierele.

Metoda analizei răspunsului în frecvenţă constă din aplicarea unui semnal de formă sinusoidală de frecvenţă variabilă la una din bornele transformatorului, înregistrarea semnalelor de răspuns la celelalte borne, prelucrarca şi interpretarea rezultatelor.

Componentele principale ale echipamentului de defectoscopie prin analiza răspunsului în frecvenţă, folosit în prezent de LTE, sunt prezentate în figura 3. Echipamentul de încercare constă din următoarele părţi componente: generatorul de semnal sinusoidal cu sinteza de frecvenţă comandat de calculator, decibelmetrul numeric cuplat la calculator, amplificatorul de putere şi calculatorul de tip lap top. Accesoriile sunt practic aceleaşi ca la echipamentul pentru defectoscopia prin impulsuri de joasă tensiune.

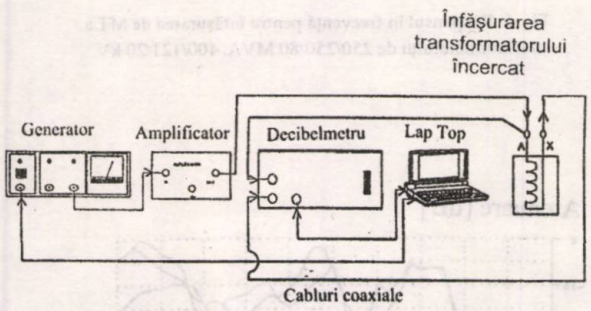


Fig. 3. Componentele principale ale echipamentului de defectoscopie prin analiza răspunsului în frecvenţă.

Generatorul furnizează un semnal sinusoidal cu valoarea de 1 V pe o impedanţă de sarcină de 75 Ω, pentru un domeniu de frecvenţe cuprins în banda de la 1 kHz la 1 MHz. Pasul de frecvenţă, numărul paşilor şi limitele benzii de frecvenţe sunt controlate de calculator, prin program. Pasul minim poate fi de 1 kHz, iar baleierea benzii de frecvenţe poate fi făcută în mod linear (paşi egali).

Decibelmetrul este în principiu un voltmetru electronic digital de curent alternativ, cuplat la calculator. El asigură detecţia sincronă în cuadratură a semnalelor măsurate, în felul acesta reducându-se la minimum influenţa perturbaţiilor electromagnetice din staţie. O interfaţa asigură cuplarea voltmetrului la calculator şi comandă nivelul de atenuare al semnalului măsurat.

Funcţionarea sistemului este complet controlată de calculator. Prin pachetul de programe specific se asigură comanda intimă a echipamentului de investigat, secvenţierea funcţională a diverselor blocuri, prelucrarea datelor provenite din măsurători, prezentarea grafică a rezultatelor, lucrul cu fişiere. Interfaţa de dialog cu utilizatorul permite vizualizarea şi programarea comenzilor de către acesta.

Experienţa de diagnosticare

Regia Autonomă de Electricitate-RENEL are în instalaţiile proprii circa 3750 de transformatoare de putere funcţionând la tensiuni de 750, 400, 220 şi 110 kV, multe din acestea având durata de funcţionare mai mare de 20 ani. Supravegherea exploatării acestor transformatoare de putere, cu izolaţie hârtie-ulei, se face anual prin probe la ulei şi prin efectuarea unor măsurători clasice la transformator şi la accesoriile principale ale acestuia (ca, de exemplu, analiza cromatografică a gazelor dizolvate în ulei, măsurarea rezistenţei ohmice a înfăşurărilor, măsurarea rezistenţelor de izolaţie la înfăşurări, măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice a izolaţiei înfăşurărilor etc.).

În cazul în care se produce funcţionarea protecţiilor proprii ale transformatorului sau sunt depăşite valorile limită ale unora din caracteristicile determinate prin măsurători clasice, se fac probe suplimentare, în scopul aprecierii corecte a stării transformatorului respectiv.

De exemplu, pentru aprecierea stării înfăşurărilor transformatoarelor de putere din reţelele de transport al energiei electrice aparţinând RENEL, după scurtcircuite la borne sau în imediata lor apropiere, se fac investigaţii prin metoda impulsurilor de joasă tensiune şi respectiv metoda analizei răspunsului în frecvenţă. Folosirea ambelor metode a determinat creşterea siguranţei de diagnosticare şi a preciziei de localizare a defectelor.

Investigaţiile au fost efectuate de echipa specializată a LTE la peste 250 transformatoare din staţiile de transformare de 220 -750 kV. Ca urmare a măsurilor luate (inclusiv prin realizarea de echipamente de defectoscopie performante) s-a redus foarte mult influenţa perturbaţiilor electromagnetice asupra rezultatelelor măsurătorilor, s-a micşorat timpul de investigare şi a crescut precizia diagnozei.

În cei aproape 15 ani de investigare sistematică a transformatoarelor din RENEL s-a ajuns la concluzia că forma semnalelor de răspuns, rezultate la diagnoză prin metoda impulsurilor de joasă tensiune şi respectiv metoda analizei răspunsului în frecvenţă, este dependentă de tipul

constructiv al transformatorului şi de starea lui momentană. În mod normal, când transformatorul este în bună stare de funcţionare, semnalele de răspuns sunt similare la cele trei faze ale înfăşurărilor transformatorului şi chiar pentru transformatoare diferite, dar de acelaşi tip constructiv (transformatoare de putere monofazate dintr-un grup trifazic sau transformatoare trifazate). Modificarea formei sau a frecvenţelor de oscilaţie a semnalelor de răspuns pe cele trei faze indică o stare diferită a bobinelor înfăşurărilor.

Expertul trebuie să aprecieze natura acestor modificări şi limitele în care acestea sunt considerate admisibile pentru transformatorul investigat. El trebuie să stabilească dacă transformatorul s-a deteriorat şi nu mai poate fi repus în funcţiune, dacă deformarea înfăşurării este nesemnificativă şi deci transformatorul poate fi menţinut în exploatare sau dacă în transformator înfăşurările nu sunt deformate.

Pentru exemplificare se prezintă curbele de răspuns în frecvenţă obţinute la un transformator de 250/250/80 MVA, 400/121/20 kV investigat după ce el fusese deconectat de la reţea ca urmare a funcţionării protecţiei diferenţiale. Aşa cum se observă din figurile 4, 5 şi 6 curbele de răspuns sunt complet diferite la înfăşurarea terţiară. Aceasta a condus la ipoteza că înfăşurarea terţiară este defectă şi că transformatorul nu mai poate fi repus sub tensiune. După demontarea părţii active s-a confirmat că defectul a afectat în special bobina de pe faza T a înfăşurării terţiare.

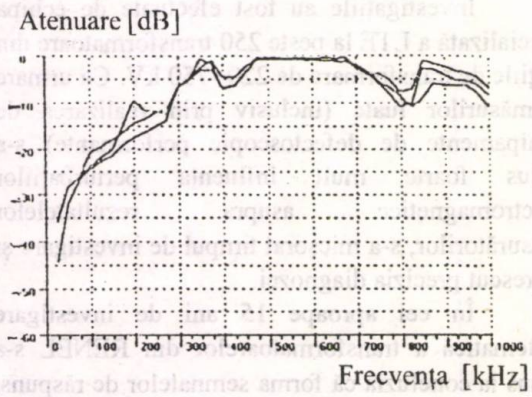


Fig. 4. Răspunsul în frecvenţă pentru înfăşurarea de IT a transformatorului de 250/250/80 MVA, 400/121/20 kV.

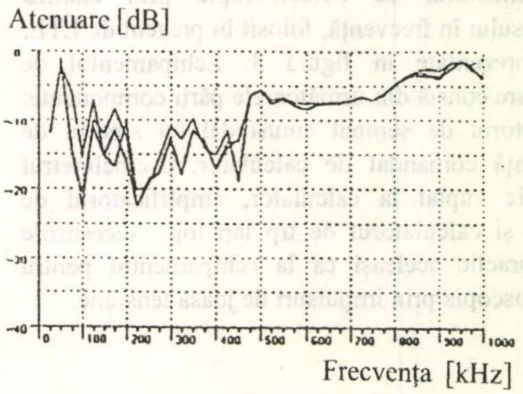


Fig. 5. Răspunsul în frecvenţă pentru înfăşurarea de MT a transformatorului de 250/250/80 MVA, 400/121/20 kV.

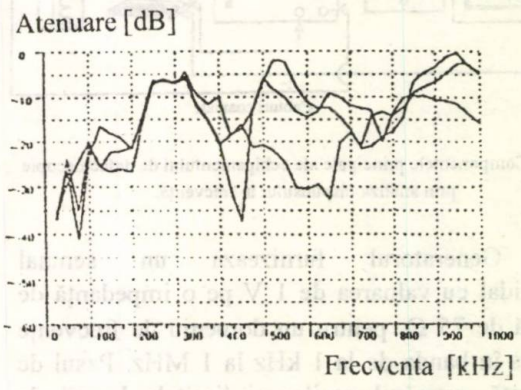


Fig. 6. Răspunsul în frecvenţă pentru înfăşurarea de JT a transformatorului de 250/250/80 MVA, 400/121/20 kV.

La un grup de trei transformatoare monofazate de 40/20/20MVA, $245/\sqrt{3}/12{,}5\sqrt{3}/12{,}5/\sqrt{3}$ kV, după multiple scurtcircuite la barele de joasă tensiune, s-a făcut investigarea stării transformatoarelor inclusiv prin metodele de defectoscopie bazate pe analiza răspunsului în frecvenţă şi respectiv pe aplicarea impulsurilor de joasă tensiune. Oscilogramele prezentate în figurile 7 şi 8 indică diferenţe importante numai la oscilogramele obţinute la înfăşurarea a2-x2 a transformatorului 97824 din grupul trifazic (faţă de celelalte faze). Aceasta a condus la concluzia că înfăşurarea fazei respective prezintă defecţiuni şi deci transformatorul trebuie reparat.

Fig. 7. Oscilogramele rezultate la investigarea prin impulsuri de JT a înfăşurărilor a2-x2 ale transformatoarelor de 40/20/20 MVA.

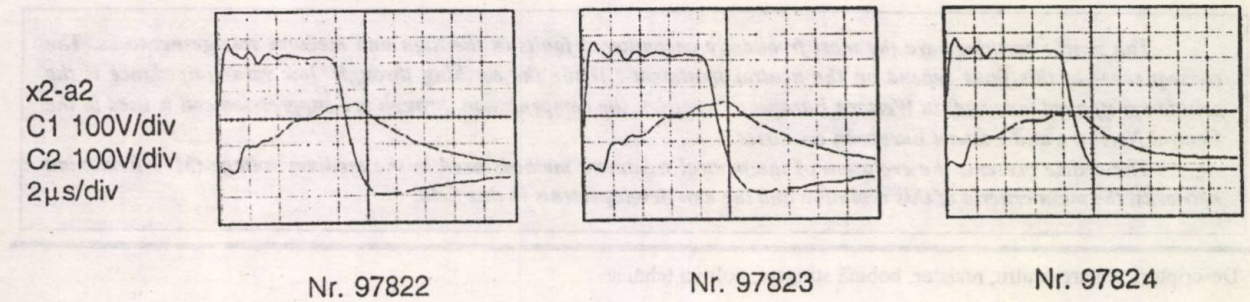


Fig. 8. Oscilogramele rezultate la investigarea prin impulsuri de JT a înfăşurărilor x2-a2 ale transformatoarelor de 40/20/20 MVA.

Concluzii

Metodele de diagnoză bazate pe analiza răspunsului în frecvenţă şi respectiv pe aplicarea impulsurilor de joasă tensiune permit detecţia deformării înfăşurărilor şi a oricăror defecte care au afectat capacităţile şi inductivităţile transformatorului.

Folosirea noii generaţii de echipamente de defectoscopie, bazate pe utilizarea PC-urilor, permite investigarea automată sau semiautomată a transformatoarelor din exploatare, evaluarea cantitativă a schimbărilor minore sesizate la transformator, compararea informaţiilor provenind de la două surse care au grad de încredere ridicat, referitor la aceleaşi tipuri de defecte în transformator.

Rezultatele investigării trebuie analizate de un expert, care va decide dacă deformările detectate la înfăşurări sunt minore şi transformatorul poate fi menţinut în exploatare (cu sau fără restricţii de funcţionare), dacă sunt detectate defecţiuni care nu permit menţinerea în exploatare a transformatorului sau dacă transformatorul nu prezintă defecţiuni şi deci poate fi menţinut în exploatare fără probleme.

BIBLIOGRAFIE

[1] Lech, W., Tyminski, L. *Detecting transformer winding damage.* In: Electrical Review, 18 Nov. 1966.

[2] Dick, P., Erven, C.C. *Transformer diagnostic testing by frequency response analysis.* In: IEEE Trans. PAS-97, No. 6., pg. 2144-2153,1978.

[3] Moldoveanu, C. *Methodes de defectoscopie de l'etat des transformateurs de puissance apres court-circuit dans le reseau,* Session sur le comportement en service des reseaux electriques, 1982, Cluj, Roumanie.

[4] Moldoveanu, C. *Application de nouvelles methodes sensibles destinees a evaluer l'etat des enroulements des transformateurs et des autotransformateurs de puissance soumis aux contraintes electrodynamiques.* Session sur le comportement en service des reseaux electriques, 1983, Jassy, Roumanie.

[5] Moldoveanu, C., Bălan, Gh. *Defectoscopie de la structure interne des transformateurs et autotransformateurs de puissance soumis aux contraintes electrodynamiques.* In: Brochure de generalisation de l'experience d'exploitation, M.E.E. - ICEMENERG, 1987, 107 pages.

[6] Drobisheviskiy, A. *Application of LV impulses for diagnostics of transformers during tests and service.* Proceedings of 8-th international Symposium on High Voltage Engineering, August 23 -27, 1993, Yokohama, Japan,.

[7] Liu Lianrui şi Shao Chanshun. *Detection of transformer winding deformation on site.* Proceedings of 1994 International Joint Conference on Electrical Insulating Materials, Sept. 26 - 30, 1994, Osaka, Japan.

Referent: dr. ing. Badea Popa - GSCI

(Primit la 4 august 1997, acceptat la 15 septembrie 1997)

NOI ASPECTE PRIVIND SOLUŢIILE DE TRATARE A NEUTRULUI REŢELELOR DE MEDIE TENSIUNE

dr. ing. MIRON LAURENŢIU GOIA *

Simplele puneri la pământ sunt defectele cele mai frecvente în reţelele de înaltă şi medie tensiune. Consecinţele acestui defect depind de modul de tratare a neutrului. Dacă legarea la pământ prin impedanţă de mică valoare este soluţia preferată în Europa de Vest, compensarea prin bobină (BS) este folosită în reţelele aeriene din centrul, nordul şi estul Europei.

Articolul prezintă evoluţia metodelor de tratare a neutrului aplicate în reţelele româneşti de medie tensiune (MT), principalele criterii ale acestei evoluţii şi noile dezvoltări în acest domeniu.

The simple earthings are the most frequently encountered faults in the high and medium voltage networks. The consequences of this fault depend on the neutral treatment . While the earthing through low value impedance is the solution prefferred (adopted) in Western European countries, the compensation through arc-suppression coil is used in the Central Northern and Eastern European countries .

The article presents the evolution of the neutral treatment methods used in the medium voltage (MV) Romanian networks, the main criteria of this evolution and the new developements in this field.

Descriptori: tratare neutru, rezistor, bobină stingere, politici tehnice

Introducere

Tratarea neutrului reţelelor de medie tensiune este o problemă complexă şi controversată, nefiind încă stabilită o soluţie unică, satisfăcătoare în toate cazurile. Complexitatea sa este exemplificată sintetic în figura 1, în care se prezintă principalele corelaţii între elementele ce se influenţează reciproc în cadrul diverselor soluţii de tratare a neutrului.

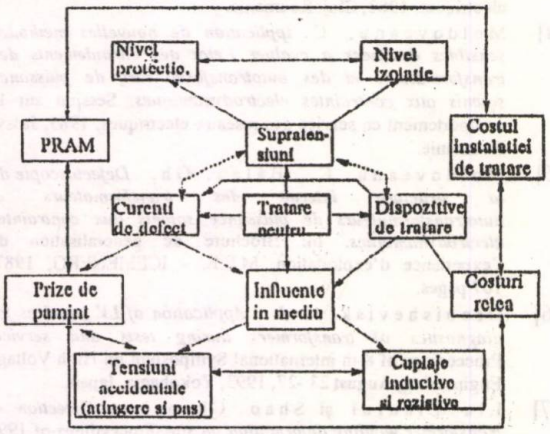


Fig. 1. Diferenţa elementelor în corelaţie în privinţa tratării.

Nu toate elementele corelaţiilor din figura 1 sunt la fel de importante şi au aceeaşi pondere în stabilirea unei strategii de soluţionare a tratării neutrului. Esenţiale în alegerea uneia sau alteia dintre metodele de tratare la MT sunt:

- continuitatea alimentării consumatorilor;
- influenţele asupra mediului ambiant;
- cheltuielile de investiţii în construcţia instalaţiilor;
- condiţiile tehnice de exploatare a reţelelor.

1. Scurt istoric

La începutul anilor '50 reţelele de medie tensiune româneşti au funcţionat în general cu neutrul izolat, ele fiind puţin extinse şi având curenţi capacitivi mici. Ceea ce era mai important, acest regim nu impunea restricţii privind exploatarea interconectată sau cu simpla punere la pământ în reţea.

Funcţionarea de durată cu simpla punere la pământ a condus însă la implicaţii neplăcute, favorizând - din cauza unui nivel necorespunzător al izolaţiei reţelelor (izolatoare H Δ) - duble puneri la pământ în perioada căutării defectului. Sensibilitatea insuficientă a protecţiilor împotriva

* GSCI - RENEL

acestui tip de defect - în reţelele de MT cu axe de mare lungime caracteristice primelor etape ale electrificărilor rurale din România, a condus la multe duble puneri la pământ nedeconectate. Acestea s-au soldat, uneori, cu pierderea stabilităţii termice a prizelor de pământ la locul de defect şi, în câteva cazuri, chiar cu pătrunderea unor tensiuni periculoase în reţelele de joasă tensiune prin cuplaj rezistiv, cu urmări deosebit de tragice. Toate aceste elemente au făcut să se intensifice preocupările pentru ameliorarea nivelului izolaţiei în reţele şi optimizarea configuraţiei acestora şi, în paralel, pentru perfecţionarea soluţiilor de tratare a neutrului lor.

Extinderea tratării neutrului prin bobine de stingere (BS) a contribuit la o ameliorare a comportării în exploatare în special deoarece a fost coroborată cu introducerea izolatoarelor nestrăpungibile (ISNS, ITFS) în reţelele aeriene. În reţelele de cablu eficienţa bobinelor de stingere a rămas redusă. Mai mult, introducerea BS a făcut mai greoaie şi delicată depistarea plecărilor cu defect din staţiile de alimentare, pentru faptul că la selectarea defectului se folosea doar criteriul amplitudinii curentului homopolar. Tratarea neutrului cu BS urmărea funcţionarea în continuare a reţelei cu simpla punere la pământ până la depistarea locului de defect. Aceasta se făcea de obicei manual şi putea dura până la două ore nefiind soluţionată selectarea automată prin protecţie.

Procesul de căutare se făcea prin comutaţii succesive care generau supratensiuni ce duceau la defecte multiple şi declanşări cu întreruperi de durată a consumatorilor. În acest sens, încercarea de a asigura tratarea neutrului printr-o metodă germană (BS) conducea la declanşarea consumatorilor după metoda franceză (rezistor de limitare - RN).

În anii'70, după modelul EdF, s-a iniţiat implementarea pe scară largă a legării indirecte la pământ a neutrului prin rezistor. Promovarea soluţiei a fost facilitată de ameliorarea arhitecturii reţelelor provenind din îndesirea punctelor de injecţie din 110 kV, debuclarea liniilor de MT şi scurtarea axelor (derivaţiilor).

Trecerea la noua metodă de tratare era însă prohibită de legislaţia în vigoare în domeniul securităţii muncii în reţea. În acest sens, s-au făcut corecturi în standardele de electrosecuritate care să favorizeze această metodă de tratare şi s-au realizat protecţii şi automatizări caracteristice acestui mod de funcţionare a reţelei. Metoda s-a aplicat nediscriminatoriu, atât în reţelele de cablu, cât şi în cele mixte sau preponderent aeriene.

În reţelele subterane, în care s-a implementat noua soluţie de tratare, s-au obţinut rezultate spectaculoase: dispariţia defectelor evolutive, dispariţia defectelor nedeconectate, îmbunătăţirea nivelului securităţii în reţea, fără o creştere notabilă a costurilor de construcţie. Aceasta a făcut să se considere soluţia ca un panaceu universal, neglijându-se faptul că rezultatele bune s-au obţinut şi ca urmare a acţiunilor prealabile de "asanare" a izolaţiei reţelei.

În reţelele aeriene obişnuite, introducerea legării indirecte la pământ a neutrului conduce însă la o creştere nedorită a numărului de întreruperi în alimentare a consumatorilor. Spre exemplu într-o reţea aeriană obişnuită, prevăzută cu protecţii având o sensibilitate de circa 10 ori mai mică decât cea adoptată în reţelele franceze de acelaşi tip (protecţia acţionează la rezistenţe de sutimi de ohmi) numărul specific de întreruperi de durată este de 4,5 declanşări/km.an faţă de media de 0,6 declanşări/km.an din reţelele franceze [3]. Majoritatea defectelor sunt trecătoare, dar produc întreruperi de durată. Histograma declanşărilor LEA respective pe durata unui an este prezentată în figura 2. Cele mai multe defecte se petrec între orele 4-16, ceea ce sugerează cel mai probabil drept cauză a lor fenomenul de uscare a izolaţiei poluate, umezite în decursul nopţii.

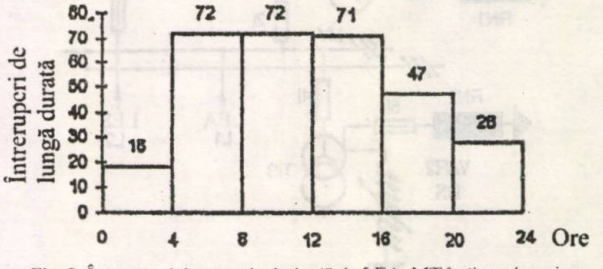


Fig. 2. Întreruperi de energie derivată de LEA MT în timpul unui an.

Neajunsurile acestei soluţii s-au accentuat tot mai mult în ultimul timp în cazul reţelelor aeriene.

2. Soluţii paleative

Metodele clasice de tratare a neutrului urmăresc fie reducerea curentului de simpla punere

la pământ cu scopul menţinerii de durată a funcţionării în acest regim, fie limitarea creşterii tensiunii pe fazele sănătoase prin creşterea curentului de defect şi declanşarea prin protecţie a defectului. În încercarea de a combina avantajele metodelor cunoscute s-au experimentat unele soluţii paleative în variante proprii.

2.1. Soluţia bobină- rezistor (BS - RN)

După cum se ştie, avantajul principal al tratării cu bobina de stingere este dat de menţinerea continuităţii alimentării consumatorilor în cazul punerii simple la pământ, iar dezavantajul folosirii sale, de supratensionarea fazelor sănătoase în timpul funcţionării cu acest defect şi deci de îmbătrânirea prematură a izolaţiei neregenerative în aceste condiţii. Efectele negative ale acestui fenomen sunt cu atât mai serioase cu cât punerea la pământ se menţine un timp mai îndelungat [1].

Multe din defectele de punere la pământ monofazată din reţelele aeriene de MT sunt de tip pasager, (trecător), autostingându-se în cazul tratării cu bobina de stingere acordată corect [2]. Această constatare a sugerat folosirea în aceeaşi reţea a tratării combinate în succesiunea BS-RN. Soluţia s-a experimentat cu succes şi în reţelele aeriene româneşti (fig.3) [3].

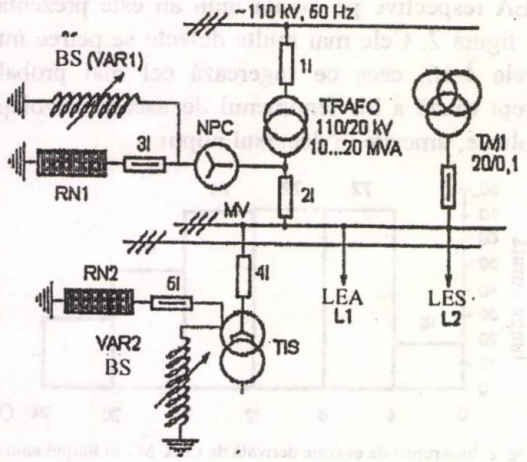
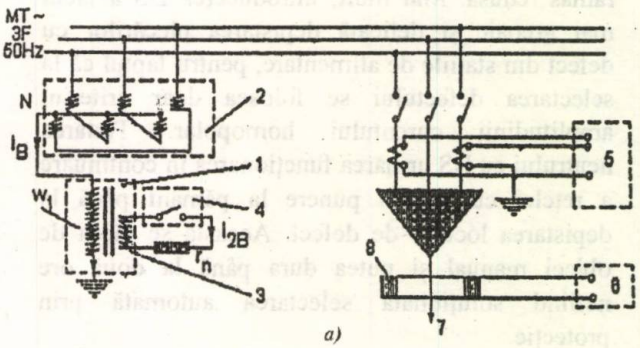


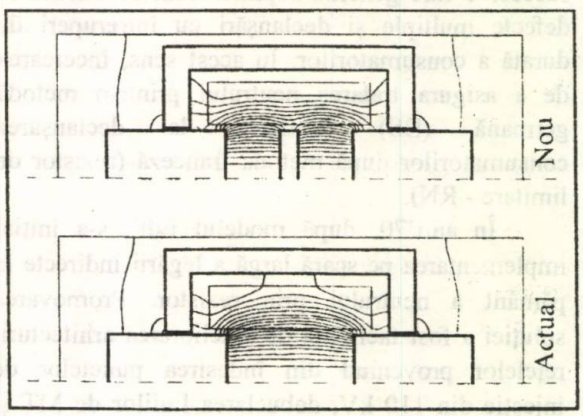
Fig. 3. Bobină de stingere (BS) în paralel cu rezistorul de tratare (RN).

În mod normal, reţeaua funcţionează tratată cu bobină de stingere acordată la rezonanţă . La apariţia unei simple puneri la pământ (de curent mic - rezidual) nerezolvată de bobină după câteva zecimi de secundă, în paralel cu bobina se conectează rezistorul de tratare, ce conduce la un curent de defect şi declanşează rapid defectul. Scurtarea în acest mod a duratei de suprasolicitare a izolaţiei fazelor sănătoase, diminuează îmbătrânirea prematură a acesteia. Soluţia s-a aplicat în mai multe cazuri de reţele mixte aeriană - subterană, cu bune rezultate, dar, evident, costurile introducerii rezistenţei sporesc semnificativ (prize de pământ, celulă, nul artificial suplimentar, protecţie).

O variantă neconvenţională a acestei soluţii, care se poate aplica mai uşor, este cea prezentată în figura 4, în care rezistorul de tratare propriu-zis se montează într-o înfăşurare specială a bobinei de tratare, construită în acest scop. Varianta evită necesitatea unui nou nul artificial sau a unei celule de MT pentru întrerupătorul de conectare a rezistorului RN şi exclude volume constructive importante necesare pentru amplasarea acestuia. Curentul de defect adoptat este mai redus.



a)



b)

Fig. 4. Bobină cu rezistor secundar: 1 - bobina de stingere; 2 - bobina de punct neutru; 3 - înfăşurarea secundară a BS; 4 - întrerupător j.t.; 5 - protecţia maximală; 6 - protecţia homopolară; 7 - plecare m.t. (aeriană).

Funcţionarca schemei este următoarea: în mod normal reţeaua funcţionează cu bobina de stingere acordată la rezonanţă şi întrerupătorul **4** deschis. Dacă în reţea apare o punere la pământ pe o plecare (de exemplu **7**), bobina îşi va face datoria, asigurând autostingerea defectului. În acest timp, pe plecarea cu defect, curentul homopolar este aproape nul (egal cu curentul rezidual) şi nu este sesizat de protecţia maximală (**5**) sau homopolară (**6**). Dacă defectul nu se autolichidează prin contribuţia BS, după circa 1 s se conectează **4**. În acest caz, în primarul bobinei curentul se va mări prin adăugarea componentei active dată de curentul secundar I_{2B}. Pe plecarea defectă va circula în acest caz curentul activ de valoarea: $I_{DEF} = \frac{W_2}{W_1} \cdot I_{2B'}$, W, şi W_2 fiind numerele de spire ale înfăşurărilor primară, respectiv secundară.

Valorile elementelor de circuit W_2, secţiunea înfăşurării secundare şi valoarea rezistenţei "r(r_n)" montată în secundar se aleg din consideraţia ca I_{DEF} să fie superior limitei de sensibilitate a protecţiei homopolare (**6**) a plecărilor din staţie (20....30 A). În acest caz, linia cu defect este declanşată, întreruptorul (**4**) se deschide şi reţeaua revine la starea normală, fiind pregătită pentru reluarea ciclurilor de tratare (BS - r_n).

O ameliorare substanţială a rezultatelor tratării în această variantă mixtă se va obţine prin introducerea acordului automat al bobinei. În acest sens s-a experimentat cu succes criteriul de acord bazat pe defazajul tensiunii de deplasare.

Soluţia este destinată reţelelor aeriene sau celor mixte preponderent aeriene.

Soluţia concepută la Universitatea Tehnică Iaşi este competitivă cu realizările unor firme prestigioase (Haeffely), dar a folosit la realizarea practică unele componente electronice neprofesionale, care au făcut-o puţin fiabilă.

2.2. Soluţia cu transformator de măsură special

Pentru reţelele în cablu de mică extindere, în care nu există punct neutru accesibil (de exemplu în cazul reţelelor în cablu ale serviciilor proprii de bloc din centralele electrice mari), tratarea cu rezistor de limitare se poate realiza în modul indicat în figura 5.

În schema prezentată se folosesc transformatoare speciale de măsură şi tratare a neutrului TSMP, având tot două înfăşurări, dar o putere sporită faţă de transformatoarele de măsură obişnuite. Una dintre înfăşurările secundare ale acestui transformator foloseşte pentru măsură

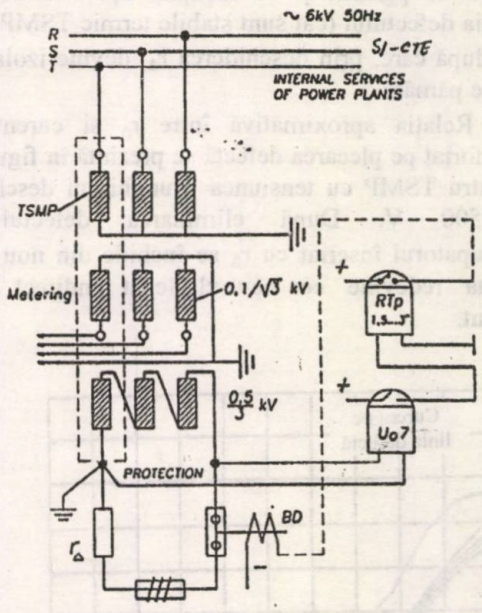


Fig. 5. TSMP trafo special de măsură şi protecţie.

(100/$\sqrt{3}$ V), cea de-a doua, cu tensiunea 500/$\sqrt{3}$ V sau chiar mai mare, se înseriază cu fazele adiacente, realizând un triunghi deschis, în care se conectează o rezistenţă de mică valoare: r_Δ. Schema forţează practic la o punere simplă la pământ pe o plecare, pe faza defectă un curent activ determinat de mărimea rezistenţei r_Δ din triunghiul realizat de secundarele TSMP. Puterea mare consumată de transformatoarele de pe fazele sănătoase cu rezistenţa în secundar, la o punere la pământ, contribuie la o reducere sensibilă a tensiunii acestora faţă de pământ şi, desigur, a supratensiunilor ce solicită izolaţia acestor faze. În oscilogramele ridicate la experimentările soluţiei (la blocul 3 CET Oradea) s-a observat efectul favorabil a conectării r_Δ în triunghiul deschis (de 500 V) a celor trei reductoare de tensiune (reducerea supratensiunilor cu 10%). Aceasta, combinată cu reducerea duratei solicitării la tensiunea nominală a izolaţiei faţă de pământ a fazelor sănătoase prin declanşarea prin protecţie a plecării cu punere la pământ, face ca acest tip de tratare să fie practic echivalent cu legarea indirectă la pământ. În acest caz protecţiile ce se folosesc în reţea sunt simple, selective

(maximală/homopolară) şi rapide. Pentru a simplifica schema, întrerupătorul din secundarul TSMP se menţine închis în schema normală. În acest caz, reţeaua funcţionează cu neutrul legat indirect la pământ şi se menţine aşa 5 s după apariţia defectului (cât sunt stabile termic TSMP şi r_Δ), după care, prin deschiderea r_Δ, devine izolată faţă de pământ.

Relaţia aproximativă între r_Δ şi curentul activ forţat pe plecarea defectă se prezintă în figura 7 pentru TSMP cu tensiunea triunghiului deschis de 500 V. După eliminarea defectului, întrerupătorul înseriat cu r_Δ se închide din nou şi reţeaua redevine cu neutrul legat indirect la pământ.

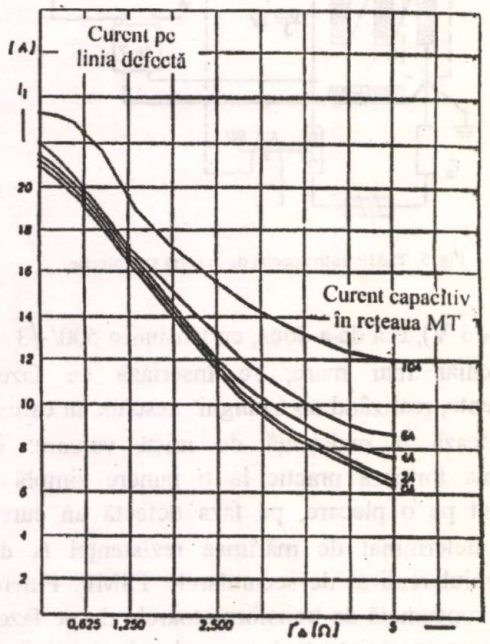


Fig. 6.

2.3. *Întrerupătorul şunt*

De o mare popularitate se bucură, în ultima perioadă, în România soluţia cu întrerupătorul şunt, care repetă, practic, defectul monofazat petrecut pe o plecare, prin conectarea, cu o mică temporizare, a unui întrerupător monofazat ce repune la pământ faza respectivă la priza staţiei de alimentare. În acest timp, curentul la locul defect pe plecare se anulează, practic, în cele mai multe cazuri, defectul dispărând chiar fără deconectarea plecării, iar după deschiderea întrerupătorului şunt reţeaua revine la funcţionarea în regim normal. Metoda s-a aplicat în cazul unei reţele preponderent aeriene tratate cu rezistor de limitare şi a demonstrat o eficienţă bună, în cadrul unor defecte provocate artificial [3]. Nu există încă experienţa concretă de exploatare pentru funcţionare de durată în acest regim şi, oricum, aplicarea sa impune asimilarea unor întrerupătoare cu acţionare monofazată, care încă nu se fabrică în mod curent. Soluţia aduce continuitatea în alimentare şi în cazul neutrului tratat cu rezistor de limitare la nivelul neutrului izolat sau tratat cu bobina de stingere.

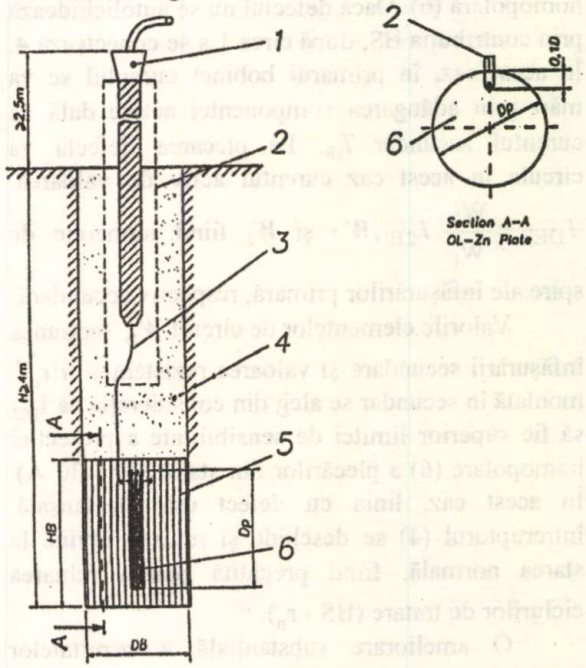


Fig. 7. Rezistor de tratare: 1 - terminal de cablu; 2 - cablu 6 kV; 3 - tub protecţie din PVC; 4 - pământ; 5 - bentonită; 6 - placă de pământare.

Autorul subliniază, însă, pericolul ca defectele reale din reţea să nu evolueze la fel cu cele provocate artificial şi deci concluziile optimiste ale experimentărilor să nu fie întru totul confirmate în exploatare.

Cea mai serioasă reţinere legată de această soluţie este faptul că nici în Franţa ea nu s-a generalizat în reţelele aeriene, deşi a fost de multă vreme cunoscută şi experimentată.

3. Politica de tratare a neutrului pe termen mediu

Ţinând seama de modul cum au fost implementate în România metodele de tratare a neutrului şi de experienţa obţinută în acest domeniu, autorul sugerează câteva soluţii de principiu privind "politica tehnică" în acest domeniu în viitorul apropiat.

Metodele de tratare a neutrului ce se pot aplica nu au eficienţă decât în reţelele cu nivel de izolaţie corespunzător. Este iluzoriu să se considere că modul de tratare a neutrului poate îmbunătăţi calitatea izolaţiei unei anumite reţele, mai cu seamă dacă aceasta este diminuată prin îmbătrânire sau poluare. Modul de tratare are influenţă importantă asupra evoluţiei fenomenelor din reţea, consecutiv apariţici unui defect monofazat.

Legarea la pământ prin rezistor de limitare, elimină rapid linia cu defect, simplificând problemele exploatării (evită necesitatea acordului automat), dar creşte mult numărul de întreruperi de durată la consumatori.

În stabilirea unei "politici tehnice" de tratare a neutrului, de o mare importanţă se dovedeşte experienţa proprie a fiecărei ţări (ba chiar a fiecărei exploatări). Din acest punct de vedere "inconsecvenţele" exprimate prin trecerea de la o metodă de tratare la alta nu sunt recomandabile, lucru demonstrat cu prisosinţă de experienţa unor FRE-uri .

Orice soluţie de tratare poate fi ameliorată şi perfecţionată. În Germania, Austria, Scandinavia s-a ajuns la realizări notabile în cadrul tratării cu bobina de stingere prin optimizări ale unor protecţii, automatizări sau reglaje. Este clar că tratarea cu bobina de stingere nu poate fi considerată o soluţie perimată, lucru demonstrat chiar în Franţa, care se preocupă de reintroducerea ei în reţelele aeriene. Direcţiile în care trebuie acţionat la noi în reţelele aeriene sunt perfecţionarea bobinelor de stingere, introducerea reglajului automat şi perfecţionarea sistemelor de protecţie şi găsire a defectelor.

Dacă pentru reţelele în cablu majoritatea specialiştilor opiniază că rezistorul de tratare este soluţia de viitor, la reţelele aeriene, bobina de stingere ameliorată şi acordată corect este o soluţie încă competitivă.

În lumina acestor observaţii, autorul consideră raţionale soluţiile de tratare a neutrului prezentate în schema sinoptică din figura 8.

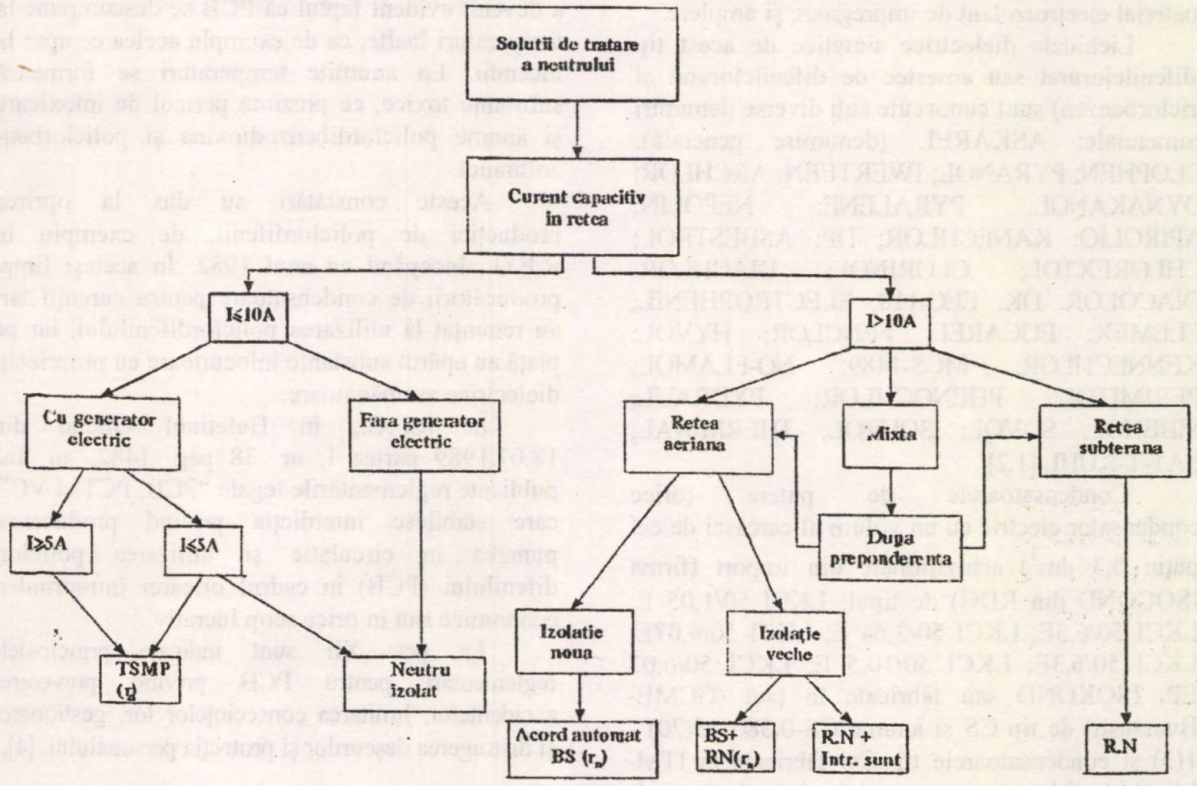


Fig. 8. Politica pe termen mediu în tratarea neutrului.

BIBLIOGRAFIE

[1] Anderson, E. I. *Surtensions apparaissant lors des defauts monopolaires et bipolaires à la terre dans les réseaux M.T.* In: Bull. EdF - FDER - 2/84

[2] Goia, L. *Tratarea neutrului reţelelor de MT.* Ed. Tehnică, Bucureşti 1985

[3] x x x *International Symposium: Neutre MT, quel devenir.* Nov. 1995, Mulhouse, France.

Referent: ing. Hermina Albert - ISPE, Bucureşti

(Primit la 16 septembrie 1997, acceptat la 28 octombrie 1997)

ASKAREL

ing. ANIŞOARA BUTNARU *

Policlordifenilii sau PCB sunt fabricaţi industrial din 1930. Sunt evidenţiate proprietăţile remarcabile ale PCB care au dus la utilizarea lor în echipamentele electrice. De asemenea, sunt indicate riscurile care au apărut în exploatare datorită poluării mediului înconjurător cu produşi de tipul furanului şi dioxinelor.

The policlordifenil's or PCB are industrially made sice 1930. The outstanding properties of PCB that to its use at electrial equipament are to be noticed. The risks appeared during the exploatation due to the pollution of the surrounding environment with such products as furon and dioxine are also mentioned.

Descriptori: materiale izolante, conducţie termică, poluarea mediului, măsuri de protecţie, exploatare

I. Generalităţi

Policlordifenilii s-au utilizat începând din anii 1930 în multe ţări industrializate în producţia de condensatoare şi transformatoare electrice ca material electroizolant de impregnare şi umplere.

Lichidele dielectrice sintetice de acest tip (difenilclorurat sau amestec de difenilclorurat şi triclorbenzen) sunt cunoscute sub diverse denumiri comerciale: ASKAREL (denumire generală); CLOPHEN; PYRANOL; IWERTEEN; ARCHLOR; DYNAKANOL; PYRALENE; NEPOLIN; APIROLIO; KANECHLOR; DP; ASBESTROL; CHLOREXTOL; CLORINOL; DIACHLOR; DIACOLOR; DK; EEC-118; ELECTROPHENIL; ELEMEX; EUCAREL; FENCLOR; HYVOL; KENNECHLOR; MCS-1489; NO-FLAMOL; PERIMITOL; PHENOCHLOR; PYDRAUL; SIBENOL; SOVOL; SOUTOL; THERMINAL; SAT-T-KUHL [1,2].

Condensatoarele de putere (orice condensator electric cu un volum al carcasei de cel puţin 0,3 dm^3) achiziţionate din import (firma ISOCOND din RDG) de tipul: LKCI 50/1,05 E; LKCI 50/6,3E; LKCI 50/3,64 E; LKCI 50/6,07E; LKCI 50/6,3E; LKCI 50/10,5 E; LKCI 50/6,07 EP; ISOKOND sau fabricate în ţară (GCME-Bucureşti) de tip CS şi anume CS-0,380 15(20) - 1(3) şi condensatoarele tip Csi fabricate la ITM-FILIAŞI, folosesc ca material electroizolant de impregnare şi umplere, policlordifenilul (PCB) identificat prin una din denumirile comerciale de mai sus.

La sfârşitul anului 1960, s-a observat că policlordifenilii (PCB) nu sunt biodegradabili şi prezintă pericol ecologic. În anul 1978, în R.F.G. utilizarea PCB a fost limitată la anumite domenii de utilizare, la aşa-zisele sisteme închise, din care fac parte şi condensatoarele. La finele anului 1970 a devenit evident faptul că PCB se descompune la temperaturi înalte, ca de exemplu acelea ce apar la incendii. La anumite temperaturi se formează substanţe toxice, ce prezintă pericol de intoxicare şi anume policlordibenzodioxina şi policlorbenzofuranul.

Aceste constatări au dus la oprirea producţiei de policlordifenil, de exemplu în R.F.G., începând cu anul 1982. În acelaşi timp, producătorii de condensatoare pentru curenţii tari au renunţat la utilizarea policlordifenilului, iar pe piaţă au apărut substanţe înlocuitoare cu proprietăţi dielectrice asemănătoare.

În R.F.G., în Buletinul Oficial din 18.07.1989 partea I, nr. 38 pag. 1482, au fost publicate reglementările legale "PCB, PCT şi VC", care stabilesc interdicţia privind producerea, punerea în circulaţie şi utilizarea policlordifenilului (PCB) în cadrul oricărei întreprinderi economice sau în orice scop lucrativ.

La pct. XII sunt indicate principalele reglementări pentru PCB privind prevenirea accidentelor, limitarea consecinţelor lor, gestionarea şi distrugerea deşeurilor şi protecţia personalului [4].

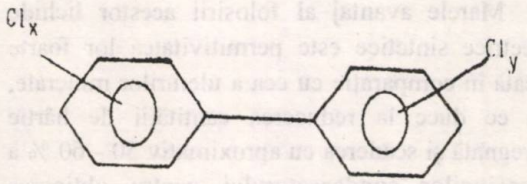
II. PCB. Proprietăţi şi aplicaţii

II.1. Natura chimică a PCB

Policlordifenilii (se foloseşte şi denumirea de policlorbifenili), prescurtat PCB, sunt molecule sintetice, care s-au obţinut prima dată în anul 1881; producţia industrială a început în 1929 în S.U.A.

* FRE - Broşov

Ei fac parte din clasa compuşilor aromatici halogenaţi, având următoarea structură moleculară:



Formula generală a acestui compus este: $C_{12}H_{(10-x)}Cl_x$, unde $1 \leq x \leq 10$. Dacă x=0 se obţine formula bifenilului (care nu este un PCB).

Gradul de clorurare variază de la 1 la 10 şi teoretic sunt posibili 209 izomeri.

II.2. Utilizări

Datorită proprietăţilor lor, PCB au fost studiaţi [2] şi efectiv utilizaţi în următoarele domenii:

- fluide dielectrice pentru transformatoare, condensatoare de putere, pentru aparate electrocasnice şi de iluminat, reostate etc;
- fluide industriale şi lubrifianţi: uleiuri hidraulice, fluide pentru pompe de vid, uleiuri pentru protejarea metalelor;
- agenţi plastifianţi şi adezivi pentru pictură, clei, cabluri textile, materiale plastice, cauciuc, hârtie etc;
- aditivi în industria insecticidelor şi bactericidelor, agenţi de impermealizare etc.

II.3. Producţia

Producţia mondială de PCB pentru S.U.A., Europa de Est şi Japonia în perioada 1930-1980 a fost estimată la 1 054 800 t [5]. Din această cantitate 48,7% a fost folosită în transformatoare electrice şi condensatoare de putere, restul fiind utilizată în "condensatoare mici" şi alte aplicaţii.

Principalii fabricanţi au fost: MONSATO (S.U.A. şi Marea Britanie); BAYER (R.F.G.); RHÖNE-POULENE şi PCUK (Franţa); KANEGAFUCHI (Japonia), CROS (Spania); CAFFARO (Italia) şi ţări din Estul european.

III. PCB În industria electrotehnică

Utilizarea lichidelor de tip PCB în industria electrotehnică se datoreşte următoarelor avantaje fundamentale:

- permitivitate mai ridicată decât a uleiului mineral;
- inerţie chimică.

III.1. Proprietăţile fizico-chimice ale PCB utilizat în condensatoare şi transformatoare

Utilizarea acestor produşi a fost legiferată de Comisia Electrotehnică Internaţională [6], specificaţiile fiind publicate în publicaţia CEI - 588, care a stabilit tipurile:

1. ASKAREL T_1, T_2, T_3, T_4 pentru transformatoare electrice (tabelul 1).

Tabelul 1

Caracteristici pentru ASKAREL nou pentru transformatoare

Proprietăţi	ASKAREL T_1	ASKAREL T_2	ASKAREL T_3	ASKAREL T_4
Culoare, maximă	150	150	50	150
Aspect: limpede, fără suspensii sau depuneri				
Indice de refracţie la 20° C	1,6150 - 1,6180	1,6095 - 1,6105	1,6230 - 1,6282	1,6173 - 1,6913
Vâscozitate maximă, 20° C, cSt	20	13	75	32
Indice de neutralizare mg Koh/g maxim	0,01	0,01	0,01	0,01
Clor ionizabil p.p.m., maxim	0,1	0,1	0,1	0,1
Apă p.p.m., maximum	30	30	30	30
Factor de pierderi dielectrice, tg δ la 90° C, 50 Hz	0,05	0,05	0,05	0,05
Rezistivitate de volum 90°, minimum	10 G. Ω.m.	10 G. Ω.m.	10 G. Ω.m.	10 G. Ω.m.

2. ASKAREL C_1, C_2 pentru condensatoare (tabelul 2).

Tabelul 2

Caracteristicile ASKAREL nou pentru condensatoare

Proprietăţi	ASKAREL C_1	ASKAREL C_2
Culoare, maximă	50	50
Aspect: limpede, fără suspensii sau depuneri		
Indice de refracţie, la 20° C	1,6220-1,6242	1,6230-1,6282
Vâscozitate, 20° C cSt	30-40	41-75
Indice de neutralizare mg Koh/g, maxim	0,01	0,01
Clor ionizabil p.p.m., maximum	0,1	0,1
Apa, maximum p.p.m.	30	30
Pentaclorbifenil şi omologi cu mai mult clor, maximum %	2,5	2,5
Permitivitate la 90°C şi 50 Hz	5,2-5,3	4,8-5,1
Factor de pierderi dielectrice, tg δ la 90°C şi 50 Hz, maxim	0,02	0,02
Rezistivitate de volum, la 90°C, G. Ω .m., minimum	20	20

III.2. Materiale rezistente la acţiunea chimică a ASKAREL [12]:

- toate metalele: cu menţiunea că în aer liber sunt preferabile oţelurile inoxidabile;
- fibre naturale: bumbac, lână, cânepă, mătase, azbest;
- fibre artificiale: nylon;
- hârtie pe bază de celuloză pură (hârtie Kraft) sau hârtie de nylon (nomux);
- carton pe bază de celuloză pură;
- lemn: fag uscat; lemn comprimat, plută;
- produse: sticlă, porţelan, mică;
- materiale termoplastice; nylon, teflon;
- elastomeri; siliconi;
- alte materiale: gumă arabică, alcool polivinilic, epoxizi, cesеină, dextrină;
- materiale de impregnare: email poliamidoimidic, tereftalic, poliuretan.

Observaţie. Toate aceste date sunt de natură comercială.

IV. Utilizarea PCB în condesatoare

Utilizarea PCB în condensatoare ca impregnant datează din anii 1930 [7].

Marele avantaj al folosirii acestor lichide dielectrice sintetice este permitivitatea lor foarte ridicată în comparaţie cu cea a uleiurilor minerale, ceea ce duce la reducerea cantităţii de hârtie impregnată şi scăderea cu aproximativ 50 - 60 % a dimensiunilor condensatorului pentru obţinerea aceleaşi capacităţi pe unitatea de volum.

În tabelul 3 este redată permitivitatea relativă pentru hârtia cu densitatea = 1, impregnată cu diverşi PCB (în funcţie de gradul de clorurare) [8].

Tabelul 3

Permitivitatea relativă a hârtiei (dens=1) impregnată cu PCB

Gradul de clorurare a PCB	Permitivitatea la 25°C a hârtiei impregnate
5 Cl	5,71
4 Cl	5,91
3 Cl	6,01

În figura 1 se ilustrează efectul clorurării asupra permitivităţii relative a bifenilului.

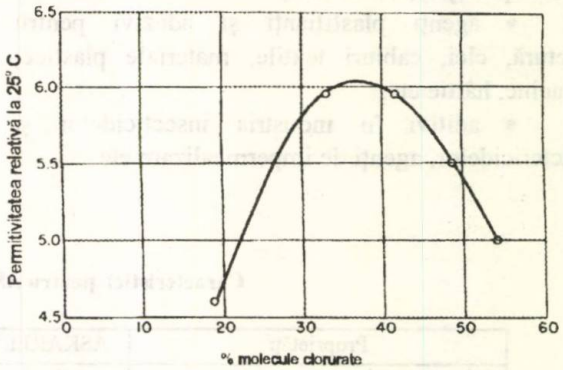


Fig. 1.

Se observă că o permitivitate relativă (E_r) de aproximativ 6 se poate obţine printr-o clorurare optimă. Utilizarea difenilului, care are o constantă E_r foarte ridicată în raport cu cea a uleiurilor minerale (E_r = 2,2), duce la scăderea suprafeţei de hârtie impregnată necesare pentru obţinerea aceleiaşi capacităţi şi deci, implicit, la scăderea cu aproximativ 50 - 60 % a dimensiunilor condensatorului.

În figura 2 este redat efectul temperaturii asupra permitivităţii relative a ASKAREL.

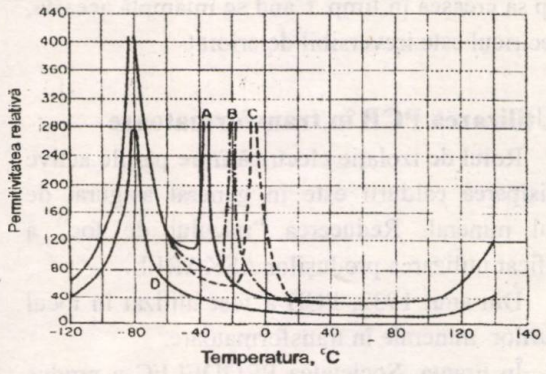


Fig. 2: A - triclordifenil; B - tetraclordifenil; C - pentaclordifenil; D - amestec de clordifenil şi clorbenzen;

Constanta dielectrică a difenilului scade rapid odată cu scăderea temperaturii spre punctul de solidificare. Pentru temperaturi de exploatare mai scăzute decât -30 °C, trebuie utilizat doar triclordifenilul.

În tabelul 4 este indicată permitivitatea în funcţie de temperatură.

Tabelul 4

Permitivitatea la 50 Hz în funcţie de temperatură

Gradul de clorurare a PCB	Temperatura (°C)					
	Domeniul de temperatură cu permitivitate maximă					
	-40	-30	-15	10	20	100
3 Cl	4,6	6,8			6,0	4,9
4 Cl	2,8		6,1		5,6	4,7
5 Cl	2,8			5,2	5,1	4,2

Pentru condensatori menţinuţi permanent în funcţiune, temperatura internă nu atinge valori la care tgδ să fie mare (nu se atinge temperatura de solidificare a difenilului).

Permitivitatea ridicată a condensatoarelor cu PCB asigură şi alte avantaje. Datorită valorilor apropiate ale permitivităţii pentru PCB şi hârtie, rezultă câmpuri electrice mai mici decât în cazul hârtie-ulei mineral (câmpul electric = tensiunea/unitatea de lungime).

Dacă se admite permitivitatea pentru hârtia de condensator = 7, atunci pelicula de lichid la condensatoarele impregnate cu ulei va fi supusă unor câmpuri electrice de aproximativ 2,5 mai mari decât pelicula de lichid la condensatoarele impregnate cu PCB în condiţii similare. Pentru PCB s-au obţinut tensiuni mai mari de străpungere decât pentru ulei, deci frecvenţa de străpungere dielectrică a condensatoarelor cu ulei, este mai mare decât cea a condensatoarelor cu PCB în condiţii identice constructive şi de utilizare.

În figura 3 sunt date pierderile dielectrice (tg δ) în funcţie de temperatură la condensatoare cu hârtie impregnată cu PCB şi neimpregnată şi uscată.

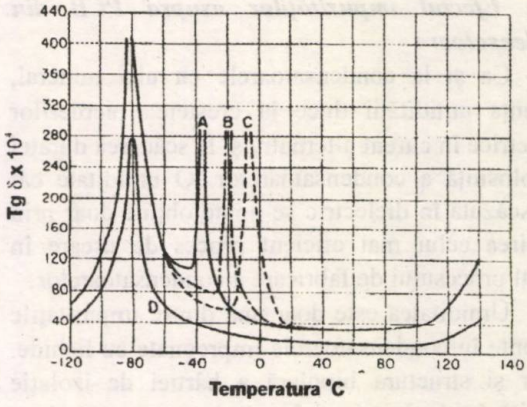


Fig. 3: A - triclordifenil; B - tetraclordifenil; C - pentaclordifenil; D - hârtie uscată (neimpregnată);

În privinţa ionizării dielectricului, izolaţiile tratate cu PCB se comportă mai bine decât cele tratate cu ulei mineral. În figura 4 sunt prezentate forme generale ale curbelor de străpungere-refacere a dielectricului pentru izolaţiile tratate cu ulei mineral şi cele tratate cu PCB.

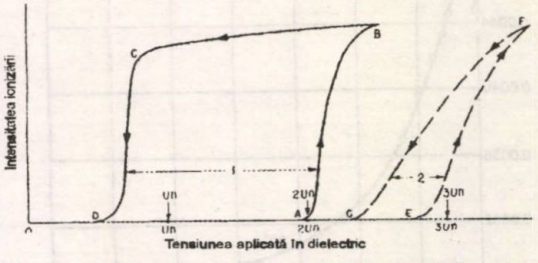


Fig. 4: 1 - ionizarea în condensatoare cu ulei mineral; 2 - ionizarea în condensatoare cu PCB. Tensiunea de început: U_n - tensiunea nominală pentru ambele condensatoare: A - condensator cu ulei mineral; B - condensator cu difenilclorurat. Tensiunea de stingere: C - pentru condensator cu difenil clorurat; D - pentru condensator cu ulei mineral.

Se observă că în cazul PCB, la reducerea tensiunii scade considerabil şi intensitatea descărcărilor în dielectric.

Diferenţa dintre tensiunile de străpungere-refacere în cazul condensatoarelor cu PCB şi a

celor cu ulei mineral are importanţă practică, de exemplu, în cazul condensatoarelor conectate la surse de tensiune, care nu sunt foarte stabile la nivel de tensiune. Pentru siguranţă în exploatare, trebuie alese condensatoare cu tensiuni de străpungere în orice caz mai mari decât tensiunea uzuală de aplicare. După cum rezultă din figura 4, condensatoarele cu PCB îndeplinesc această condiţie mai uşor decât cele cu ulei mineral.

IV.1. Efectul impurităţilor asupra PCB din condensatoare

Ca şi la condensatoarele cu ulei mineral, prezenţa umidităţii duce la creşterea pierderilor dielectrice în curent alternativ şi la scăderea duratei de folosinţă a condensatoarelor. O umiditate cât mai scăzută în dielectric se poate obţine doar prin folosirea celui mai eficient proces de uscare în cadrul procesului de fabricare a condensatoarelor.

Umiditatea este doar una dintre impurităţile prezente în condensatoarele impregnate cu lichide. Chiar şi structura bipolară a hârtiei de izolaţie folosită în mod normal în condensatoare produce pierderi pronunţate în dielectric la temperaturi minime şi maxime de exploatare (fig. 3).

În figura 5 sunt reprezentate rezultatele obţinute într-un condensator impregnat cu PCB contaminat, la două temperaturi.

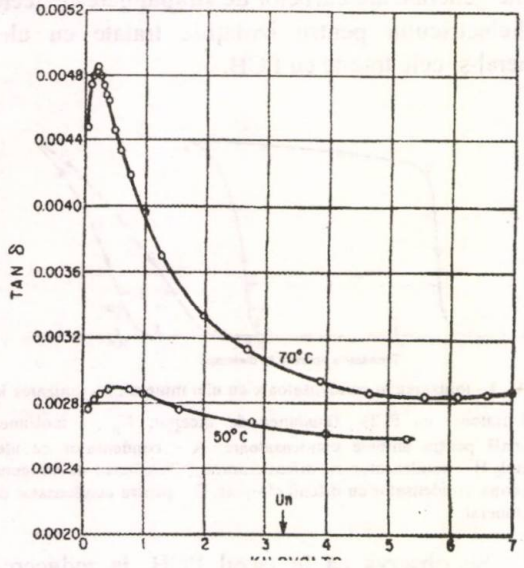


Fig. 5.

Dacă condensatoarele contaminate sunt permanent sub tensiune, pierderile dielectrice (tgδ) încep să crească în timp. Când se întâmplă aceasta, dielectricul este ireversibil deteriorat.

V. Utilizarea PCB în transformatoare

Rolul de izolaţie electrică între părţile active şi disiparea căldurii este în general asigurat de uleiul mineral. Reducerea "riscului de foc" a justificat utilizarea produşilor ASKAREL.

Din anul 1932, PCB a fost utilizat în locul uleiurilor minerale în transformatoare.

În Franţa, Societatea PRODELEC a produs şi comercializat pyralene de la începutul anului 1948 şi o mare parte din aceste echipamente mai sunt încă exploatate.

Conform cifrelor publicate de universitarii japonezi, producţia mondială de PCB este evaluată la 1 200 000 t; după estimările lor 400 000 t au fost aruncate în mare şi pe uscat, iar 800 000 t mai sunt conţinute în aparatele care sunt în funcţie sau stocate [8].

VI. Riscurile utilizării PCB în transformatoarele electrice

Analiza incidentelor transformatoarelor

După accidentul de la Reims (Franţa) din ianuarie 1985, au început să fie analizate riscurile utilizării PCB, şi anume s-au publicat date ştiinţifice privind produşii de descompunere termică (dioxine şi furani).

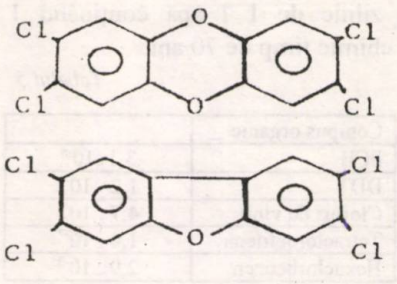
La Reims, la câteva minute după ce au luat foc compartimentele de lemn şi carton (câţiva m^2) s-au produs mai mulţi furani, care au explodat şi au scos de sub tensiune transformatorul [7].

În iulie 1986 la Villeurbanne, incendiul a distrus instalaţia dintr-un post electric dintr-o celulă de M.T.

Poluare caldă

Statistica arată că în fiecare an se defectează 3-10 aparate, datorită ruperilor violente ale cuvei etc.

După explozia transformatoarelor, urmată de un incendiu, produşii toxici pot fi detectaţi în funingine, în special policlorodibenzofuranii (PCDF) şi policlorodibenzodixine (PCDD). Toţi aceşti compuşi (teoretic există 75 izomeri de PCDD şi 135 izomeri de PCDF) sunt toxici puternici şi au structura chimică următoare:



Principalele proprietăţi fizico-chimice ale PCDD şi PCDF

Aceşti compuşi (PCDD şi PCDF) sunt stabili la acţiunea căldurii, la acţiunea acizilor şi bazelor. Descompunerea termică pentru 2, 3, 7, 8 PCDD începe la 500^0 C şi este completă la 800^0 C (în 21 s). Pentru PCDF temperatura de descompunere se situează mai jos, la 350^0 C.

Solubilitatea lor în apă este practic nulă (0,0002 p.p.m. pentru 2, 3, 7, 8 PCDD). Sunt foarte solubile în grăsimi şi hidrocarburi şi sunt solubile în solvenţi organici cloruraţi (de exemplu solubilitatea 2, 3, 7, 8 T.C.D.D. este 0,01 g/l în metanol).

Ca toţi derivaţii cloruraţi, aceşti compuşi sunt sensibili la radiaţiile U.V. sau la lumina solară. De asemenea, s-a observat o descompunere rapidă a 2, 3, 7, 8 PCDD în prezenţa alcoolilor.

În industria electrotehnică, primul accident s-a produs în Canada, în 1977, într-un post echipat cu un trafo cu PCB; după incendiu s-au detectat furani în funingine. Aceşti compuşi s-au format prin piroliza PCB şi amestecul dintre PCB şi triclorbenzen.

La 1 octombrie 1985, Consiliul Comunităţii Europene a dat a II-a directivă relativă pentru PCB.

VII. Contaminarea mediului înconjurător cu PCB

PCB sunt fixaţi în sol cu ajutorul carbonului de origine organică. Dacă se produce o împrăştiere (o scurgere) de lichide dintr-un transformator, 97% PCB sunt recuperate sau fixate în sol, iar 3 % se evaporă. Dacă PCB este deversat direct în apă, 99% este reţinut prin sedimente şi 1% se dizolvă în apă; toate aceste date s-au constatat la o zi de la accident [10]. Este foarte greu de apreciat cantitatea de PCB care se poate împrăştia în urma unui incendiu.

La Villeurbanne, au fost contaminate câteva pavilioane cu mai mult de 100 $\mu g/m^2$ în interior şi cu 10-100 mg/m^2 în exterior. Cum PCB se poate degrada sub influenţa razelor solare şi cum aceşti compuşi se elimină lent, înseamnă că ei vor fi prezenţi în atmosferă mult timp [11].

De asemenea, mai multe studii au arătat că câţiva PCB sunt biodegradabili; sinteza de biodegradare depinde de numărul de atomi de clor din moleculă. Pentru PCB cu 1-4 atomi de clor în moleculă timpul de înjumătăţire nu poate fi estimat.

În figura 6 este redată persistenţa PCB în mediul înconjurător.

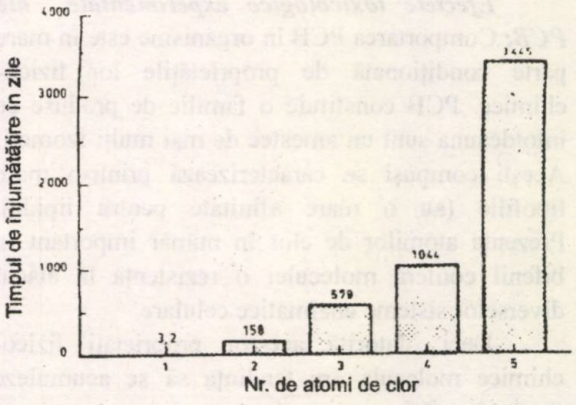


Fig. 6.

Aceste date sunt confirmate prin analiza PCB fixat în sedimentele, care au fost preluate din râul Hudson.

Observaţie. Ca termen de comparaţie precizăm că timpul de înjumătăţire în apă pentru DDT este 10 ani, iar în sol acest timp poate atinge 40 ani.

VIII. PCB şi compuşii lor de descompunere termică. Efectul lor asupra organismului uman

La începutul anilor '70 s-a constatat toxicitatea extremă asupra animalelor de laborator a PCDD şi PCDF. Aceşti produşi pot provoca efecte embriotoxice. Mai târziu au fost detectate şi efecte tumorigene din cauza PCDD.

În Europa, accidentul uzinei IMESA (Italia) din 1976, a contaminat regiunea SEVESO cu o cantitate apreciabilă de PCDD numită "dioxină".

Aceşti compuşi industriali, foarte puţin degradabili, se pot acumula în organismul uman, datorită liposolubilităţii lor. La început, PCB a fost considerat practic netoxic pentru organismul uman, dar, în 1968, în Japonia, o contaminare accidentală cu PCB a uleiului de orez alimentar a pus în evidenţă zeci de cazuri de afecţiuni, în special cutanate (1800 persoane). Zece ani mai târziu s-a produs o contaminare similară în Taiwan. Efectele observate, denumite "maladia uleiului", au fost atribuite epocii PCB (Yasho la japonezi şi Yucheng la chinezi).

Recent, mai mulţi izomeri ai PCDF şi PCDD au fost identificaţi din incendiile în care au fost implicate transformatoare electrice conţinând PCB, în diverse ţări, printre care şi Franţa [2].

Efectele toxicologice experimentale ale PCB: Comportarea PCB în organisme este în mare parte condiţionată de proprietăţile lor fizico-chimice. PCB constituie o familie de produse ce întotdeauna sunt un amestec de mai mulţi izomeri. Aceşti compuşi se caracterizează printr-o mare tipofilie (au o mare afinitate pentru lipide). Prezenţa atomilor de clor în număr important în bifenil conferă moleculei o rezistenţă la atacul diverselor sisteme enzimatice celulare.

Deci, datorită acestor proprietăţi fizico-chimice molecula are tendinţa să se acumuleze treptat în grăsime.

Absorbţia: PCB se pot absorbi prin piele, prin inhalare şi gastru intestinal. Ei pot traversa placenta şi trcace în laptele matern.

Repartiţia: PCB se dispersează în diverse locuri: ficat, creier, rinichi, plămâni etc. şi mai ales în pancreas. Cantităţile acumulate depind de conţinutul în grăsimi al ţesutului respectiv.

Eliminare: Derivaţii cu mai mult clor sunt foarte lent eliminaţi. Eliminarea PCB se face în special prin fecale şi urină. Timpul cât sunt prezenţi în organism variază după tipul de izomer şi în special de organism (animal), dar este întotdeauna foarte lung, fiind de la câteva săptămâni la mai mulţi ani.

Cancerogeneza: S-au efectuat experimentări cu kaneclor 300, 400, 500 l'arclor 1254 şi s-a observat o creştere moderată a frecvenţei tumorilor benigne şi maligne (carcinoame hepatocelulare etc.). În tabelul 5 este ilustrat riscul de cancer la ingestia compuşilor organici (din apa potabilă) - un consum zilnic de 1 l apă conţinând 1 μg de compus chimic timp de 70 ani.

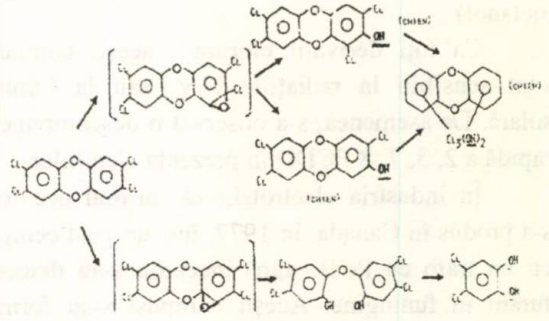
Tabelul 5

Compus organic	
PCB	$3,1 \cdot 10^{-6}$
DDT	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Cloruri de vinil	$4,7 \cdot 10^{-7}$
Tetracloroetilena	$1,4 \cdot 10^{-7}$
Hexaclorbenzen	$2,9 \cdot 10^{-3}$

Se observă că PCB nu reprezintă un risc mai important decât alţi compuşi utilizaţi, de exemplu pesticidele.

După accident, în SUA şi Canada a fost prescrisă o decontaminare foarte severă, care exclude toate riscurile; valorile $1\mu g/100\ cm^2$ pentru suprafeţe şi $1\mu g/m^3$ în aer a fost adoptat pentru reutilizarea spaţiilor profesionale ocupate de persoane.

În schema de mai jos sunt ilustrate transformările TCDD (tetracloro 2, 3, 7, 8 - dibenzodioxina) în organism [13].



Limite admise: Oficiul Mondial de Sănătate (OMS) indică 0,1 mg/kg de greutate corp ca o cantitate limită care poate avea efect asupra omului [9].

IX. Măsuri de prevenire contra riscului PCB

Efectele nocive ale PCB se pot manifesta în urma contactului direct al persoanelor, împrăştierea în mediul înconjurăror sau descompunerea termică.

Măsurile tehnice de prevenire pot avea trei obiective:

- interzicerea contactului direct al persoanelor cu PCB sau produşii lor de descompunere;
- împiedicarea împrăştierii şi scurgerii necontrolate a PCB din echipamente;

• reducerea riscului de incendiu la echipamentele conţinând PCB, sau limitarea consecinţelor, dacă acestea au loc.

IX. 1. Protecţia electrică a echipamentelor cu PCB

Existenţa şi reglarea protecţiei electrice a instalaţiilor, joacă un rol esenţial în prevenire, deoarece exploziile rezultate dintr-un defect intern pot avea ca efect distrugerea etanşeităţii echipamentelor, dar în egală măsură pot genera un incendiu, dacă menţinerea alimentării unui aparat defect permite să se declanşeze arcul electric.

Protecţia electrică preventivă trebuie să fie asigurată pentru transformatoare conform normelor în vigoare.

Cu toate precauţiile, prizele, calitatea materialului, felul cum au fost realizate, montarea în instalaţii, pot duce la incidente în care să fie implicat dielectricul.

IX.2. Tipuri de accidente posibile

Se poate vorbi de ***accidente datorită PCB*** . Astfel pot avea loc accidente produse de instabilitatea atenţiei omului:

- direct, prin proiectarea lichidului, emisiunilor de vapori sau fum asupra persoanelor aflate în apropiere;

- indirect, la traversarea mediului înconjurător sau datorită produselor alimentare .

Accidente datorită împrăştierii PCB lichid. În această categorie se găsesc toate incidentele datorate defectelor pur mecanice ale echipamentelor: scurgeri datorită neetanşeităţii, ruperea cuvei consecutiv cu defectele materialelor, lovituri şi căderi datorită manipulării şi transportului; sau evenimente foarte rare, dar foarte periculoase, de exemplu: distrugerea transformatorului datorită exploziei unei borne (Bignglie, aprilie 1986) sau unei instalaţii industriale (Centrala de la Havre noiembrie 1984).

Toate aceste accidente au fost tratate în comun, deoarece PCB se găsea în anvelope etanşe, fără să-şi modifice compoziţia prin efecte termice (poluare rece).

Explozia echipamentelor fără incendii. În această categorie intră toate rupturile brutale ale cuvelor echipamentelor, urmate de proiectarea dielectricului în exterior şi emisia de acid clorhidric gazos amestecat cu fum negru de carbon. Acest tip de accident poate fi mai grav, datorită împrăştierii violente a PCB şi poluarea întregului spaţiu interior şi locuri învecinate. În plus, emisia de acid clorhidric gazos, poate constitui un risc important pentru operatori.

Dar, ca şi în categoria precedentă, dielectricul este împrăştiat în exterior fără a fi descompus în prezenţa aerului, deci fără a se forma practic compuşi de tipul furanilor.

Incendii. Fiind un dielectric neinflamabil, această a treia categorie de accidente poate surprinde. Incendiul care apare în acest caz, este cauzat de:

- un factor extern: este cazul unui incendiu ce poate lua naştere într-un echipament umplut cu ulei electroizolant şi care provoacă deteriorarea unui transformator alăturat izolat cu PCB (Binghampton, februarie 1981);

- explozia unui echipament, care provoacă aprinderea materialelor combustibile situate în apropiere (Reims, ianuarie 1985).

Consecinţele acestei ultime categorii de accidente sunt: fumul toxic, care se poate produce (sub formă de aerosoli în atingere cu apa folosită de pompieri) se poate împrăştia PCB în formă lichidă. În plus există condiţii să se formeze furani (poluare caldă).

IX.3. Reguli de bază pentru intervenţii

• *Asigurarea protecţiei operatorilor.* Protecţia contra proiecţiilor lichide, inhalării de acid clorhidric gazos şi produselor toxice se poate realiza prin: mănuşi de protecţie (polietilenă) cu manşete şi ochelari, care să micşoreze riscul contactului cu PCB, salopetă impermeabilă la PCB, în cazul dispersiilor importante, aparat respirator cu cartuş filtrant sau autonom pentru emisiile de vapori cloruraţi.

În cazul unei explozii urmate de incendii, fumul gros format în încăperea respectivă impune acţionarea cu maximum de prudenţă. În acest caz este necesar să acţioneze numai personal special pregătit şi echipat corespunzător, autorizat pentru lucru cu substanţe toxice.

• *Limitarea împrăştierii PCB.* Limitarea împrăştierii PCB este de mare importanţă. Trebuie să se acorde atenţie zonelor unde recuperarea produsului devine dificilă sau aproape imposibilă (canale de scurgere, râuri, cursuri de apă) . Trebuie luate măsuri pentru absorbirea podusului şi evitarea scurgerii în exterior.

Pentru limitarea împrăştierii este indispensabilă delimitarea zonei poluate şi

reducerea accesului numai pentru cei ce intervin (operatori); trebuie luate măsuri suplimentare pentru a fi împiedicată penetrarea PCB în sol şi răspândirea în natură; se vor colecta materialele contaminate (îmbrăcăminte, cârpe, produşi absorbanţi, pământ, lichide şi ape de spălare etc.).

Problemele de împrăştiere a vaporilor şi fumului în caz de explozie şi incendiu sunt foarte dificile. Ventilaţia încăperilor - dacă situaţia o permite - nu trebuie întreprinsă, deoarece evacuarea se face în exterior; se va evita poluarea vecinătăţilor. În caz contrar trebuie să se anunţe locurile învecinate, pentru a se limita împrăştierea şi poluarea.

• *Scoaterea echipamentelor electrice de sub tensiune în cel mai scurt timp posibil.* Această funcţie este în principiu asigurată prin funcţionarea protecţiilor electrice. Dacă defectul electric este de durată, energia electrică degajată va alimenta şi activa incendiul.

Punerea sub tensiune se va face numai în prezenţa celor ce răspund de exploatarea instalaţiei.

X. Analiza PCB în industria electrotehnică

Aplicarea reglementărilor impuse presupune identificarea şi dozarea PCB în lichidele dielectrice, în diverse materiale şi în mediul înconjurător.

Pentru a satisface reglementările în vigoare, echipamentele electrice au fost clasificate astfel:

1 - instalaţii ce conţin peste 30 l de PCB;

2 - toate produsele ce conţin peste 100 mg.kg^{-1} de PCB.

Analizele PCB pot fi necesare pentru materialele (echipamentele) din exploatare, în curs de fabricaţie sau în curs de recondiţionare.

În sfârşit, în cazuri foarte rare de incidente de echipamente (transformatoare sau condensatoare) cu distrugerea cuvelor etc., trebuie făcute determinări în mediul înconjurăror, înainte şi după decontaminare.

X.1. Metode de identificare a PCB

Aceste metode pot fi aplicate pentru echipamentele din exploatare, pentru marcarea condensatoarelor cu PCB; de asemenea, pentru etichetarea echipamentelor defecte cu PCB şi arhivarea lor (pentru aparatele foarte vechi).

Identificarea lichidului dielectric se poate face prin:

1) spectrofotometrie în IR (se poate identifica PCB, în concentraţii mai mari de 1% în lichid);

2) masa volumică;

3) cromatografia în fază lichidă sau gazoasă.

X.2. Cercetarea traseului PCB

Această problemă se pune în cazul transformatoarelor care nu conţin ASKAREL, dar care pot fi contaminate cu PCB.

La livrarea unei noi şarje de ulei pentru un compartiment, este necesar să se identifice dacă acesta nu a fost contaminat cu PCB (este condiţie pentru uleiul Tr 25 A nou). Se poate folosi metoda colorimetrică (dozarea clorului total) sau cromatografia în faza gazoasă conform ASTM D 4059/186 pentru determinarea PCB din uleiul de transformatoare.

X.3. Recuperarea uleiului

Uleiurile uzate în echipamentele electrice sunt în general recuperate şi nu este admisă reciclarea uleiurilor conţinând PCB peste 50 mgkg^{-1} (50 p.p.m).

Pentru identificarea şi determinarea PCB se poate folosi metoda colorimetrică (folosind etaloane colorimetrice), spectrofotometrică în IR sau cromatografică.

X.4. Determinarea PCB în materiale solide

Se poate determina PCB din materiale solide ca: pământ, sedimente, beton etc.

În acest caz, trebuie făcută mai întâi o extracţie. Se poate determina PCB conform ASTM D 3304 din apă, pământ, sedimente, aer.

XI. Metode de distrugere a PCB

Metoda prin incinerare

Distrugerea PCB, sau a echipamentelor cu PCB, fără poluarea mediului înconjurător, se poate face prin decontaminare şi incinerare în condiţii adecvate (în instalaţii speciale).

În etapa actuală toate metodele de distrugere se bazează pe combustia termică. În Franţa, în particular, societatea TREDI utilizează un

procedeu industrial de distrugere a PCB în centrul de la Saint-Vulbas. Capacitatea termică a ansamblului de instalaţii este de 10 000 th/h, ceea ce reprezintă aproximativ 3 t/h sau 24 t/an. Asigură o decontaminare a echipamentelor electrice impregnate cu PCB prin decontaminare cu solvenţi.

Un alt procedeu de decontaminare este procedeul SIRES (extracţie sub vid cu solvenţi), prin care asigură o decontaminare până la 100 p.p.m. Atelierul de decontaminare (SIRES) este compus din şase autoclave şi o capacitate de tratare de 6000 transformatoare şi respectiv 20 000 de condensatoare pe an.

Alte procedee posibil de utilizat pentru distrugerea PCB:

- ***absorbţia PCB pe cărbune activ,*** utilizată pentru decontaminarea apelor de spălare sau a uleiurilor minerale pentru a fi reutilizate. Această metodă a fost utilizată în SUA de Departamentul de producere a condensatoarelor, pentru tratarea apei contaminate din râul Hudson. Contaminarea reziduală este de ordinul p.p.b.

Există şi alte metode de distrugere a PCB, dar sunt în fază de cercetare de laborator (declorurarea chimică, tratarea cu ozon şi raze U.V., procedeul SEA MARCONI etc.).

În tabelul 6 sunt expuse metode de decontaminare şi eficacitatea lor.

de decontaminare a domeniului public sau privat cu o contaminare reziduală. Intervenţia este terminată după ce se obţine acceptul autorităţilor etc.

Tabelul 7

Tehnici utilizate	Nivelul de contaminare cu PCB 1242	
	Înainte de decontaminare	După decontaminare
Aspirare	54 µg/m² 230 µg/m² 160	37 µg/m² 37 68
Apă cu presiune mare	375 12 . 10⁶ 108	39 33 0,03
Apă fără presiune şi solvenţi	37 56	4,4 7,9
Freon	129	1,5

XII. Reglementări în vigoare pentru PCB (Franţa)

1. Prevenirea accidentelor şi limitarea consecinţelor lor

Directivele 76/760/CEE, modificate prin directivele 83/478/CEE şi înlocuite cu Directivele din 1 octombrie 1985, interzic, în principiu, utilizarea PCB şi PCT şi prepararea produselor cu conţinut în PCB şi PCT superior 100 p.p.m. Art. 10 din directivele 87/101 CE stabileşte

Tabelul 6

Suprafaţa contaminată	Tehnici de contaminare	Eficacitatea metodei [%]
Planşeu de beton	- spălare cu detergent - tratare cu acid - sablaj	50 - 95 80 - 98 25 -95
Perete de cărămidă	- aruncare de apă sub presiune	60 - 90
Plafon şi perete galvanizat	- aruncare de apă cu presiune mare	80 - 99
Perete, plafon şi planşeu din oţel	- apă sub presiune	70 - 95
Echipament electric	- spălare cu solvenţi	98 - 99

În tabelul 7 sunt prezentate rezultatele metodelor utilizate de laboratorul de tensiune înaltă IREQ (Quebec), la explozia unui banc de condensatoare care au contaminat 500 000 m³.

Din toate aceste procedee rezultă deşeuri. Deşeurile lichide sunt în general tratate pentru a fi reciclate (apa, solvenţii). Deşeurile solide sunt identificate şi ambalate în ambalaje închise etanş pentru a fi expediate la un centru de distrugere.

Altă fază a decontaminării constă în efectuarea, într-o manieră riguroasă, a posibilităţii concentraţia maximă pentru uleiurile uzuale la 50 p.p.m.

După 30 iunie 1986, sunt absolut interzise punerea în funcţiune şi comercializarea de PCB/PCT conţinut în sisteme închise ca aparate electrice, transformatoare, condensatoare etc.

Toate aceste echipamente, în exploatare la 30 iunie 1986, sunt autorizate să fie eliminate la sfârşitul duratei lor de viaţă.

Aceste norme au fost de multe ori completate, la nivel european.

2. Un marcaj specific a fost elaborat pentru PCB şi PCT

Pentru utilizarea în sisteme închise prin dispoziţia elaborată de Ministerul Industriei din 8 iulie 1975 (Franţa) s-a stabilit ca toate echipamentele ce conţin PCB să posede o inscripţie pe fond galben, cu dimensiuni nu mai mici de 50x75 mm, purtând următoarele menţiuni, urmate de număr de marcă al produsului:

"Acest aparat conţine PCB care poate contamina mediul înconjurător şi deci eliminarea este reglementată. În caz de funcţionare anormală se vor respecta dispoziţiile din 8 iulie 1975".

Pentru rezervoare (recipienţi conţinând PCB pur), modalitatea de etichetare este precizată tot în dispoziţiile din 10 oct. 1983.

Art. L 231-6 din Codul Muncii stabileşte modul de etichetare şi ambalare pentru substanţe periculoase. PCB figurează în această listă.

3. Gestionarea şi eliminarea deşeurilor

Dispoziţiile generale (15 iulie 1975) se referă la eliminarea deşeurilor şi recuperarea materialelor în condiţii acceptabile pentru mediul înconjurător.

Acest text prevede că cei care produc, transportă sau elimină deşeuri *"pot face aceasta doar după ce au consemnat într-un registru, în care să existe o declaraţie care să stabilească în particular modalitatea de eliminare prevăzută pentru deşeurile transportate".*

Prin dispoziţia din 4 ianuarie 1985, se stabilesc modalităţile de transmitere a informaţiilor şi tipul de borderou (CERFA) ce trebuie completat. Acest borderou stabileşte *"provenienţa, caracteristicile şi destinaţia, modalităţile prevăzute pentru operaţiile intermediare de colectare, transport şi stocare şi pentru eliminarea acestor deşeuri prin întreprinderi specializate în aceste operaţii".*

În particular, materialele din grupa derivaţiilor aromatici halogenaţi, lichide pe bază de PCB şi PCT pot fi transportate doar ambalate în ambalaje anume prevăzute pentru aceste materiale.

Transformatoarele şi condensatoarele pot fi considerate ambalate în momentul în care toate orificiile lor sunt obturate. Dacă aceste condiţii sunt susceptibile de a crea posibilitatea de scurgere, va exista un banc de reţinere cu materiale absorbante.

Limita greutăţii ambalate este de 450 kg.

Depozitarea reziduurilor impregnate cu PCB, tratarea acestor reziduuri şi incinerarea lor este stabilită în Franţa printr-o serie de normative, care prevăd că depozitarea sau aruncarea simplă este total interzisă pentru materialele contaminate, acestea putând fi stocate sau eliminate în *"condiţii compatibile cu protecţia mediului înconjurător".* Deşeurile cu o concentraţie superioară 100 p.p.m. (în PCB sau PCT), vor fi eliminate într-o instalaţie autorizată pentru distrugerea moleculelor de PCB.

Pentru transformatoarele cu PCB există două etape: combustia lichidelor după golire şi apoi *"decontaminarea durabilă până la concentraţia de 100 p.p.m."*

3. Igiena şi securitatea muncitorilor (operatorilor)

Decretul din 22 iunie 1984 stabileşte *"afecţiunile provocate de derivaţii halogenaţi ai hidrocarburilor aromatice"* şi o listă cu lucrările susceptibile de a provoca astfel de maladii. Aici sunt incluşi lucrătorii care efectuează prepararea, utilizarea şi manipularea PCB, şi anume:

- utilizarea PCB ca izolanţi electrici şi fabricarea şi întreţinerea transformatoarelor şi condensatoarelor;
- utilizarea PCB în echipamente ca purtători de căldură sau lichide hidraulice.

Decretul ministerial din 11 iulie 1977, stabileşte lista lucrătorilor care necesită o supraveghere medicală periodică (aici fiind incluşi şi cei ce manipulează PCB).

BIBLIOGRAFIE

[1] Frank, M., Clark. *Insulating materials for design and engineering practice New York States of America,* cap. VIII pag. 183

[2] Revue générale de l' electricité nr. 8 , 1987

[3] 3 RE - 1 127-83 - *Instrucţiuni de exploatare, verificare şi întreţinere a abaterilor de condensatoare de joasă tensiune din posturile de transformare.* Centrala Industrială de Reţele Electrice, pag. 16.

[4] Revue générale de l' electricité, nr. 8, 1987 pag. 79

[5] Revue générale de l' electricité, nr. 8, 1987 pag. 7, 8

[6] Commission Electrotechnique Internationale, publication 588; *Askarels pour transformateurs et condensateurs*

[7] JAY (P); *L'évolution des impregants a base de chlorbiphenyles pour condensateurs.* In: R.G.E., nr. 12, decembre 1971
[8] Revue générale de l' electricité, nr. 8, 1978 pag. 7, 8
[9] *PCB symposium.* La Haye 1983
[10] OMS: *Criteres d'ygiène de l'environnement; Polychlorobiphenyles et polychloroterphenyles OMS,* Geneve, 1978
[11] Mc Grow, M.G. In: Electrical World, February 1983 p. 49-72
[12] EPA 440/9-76-021, 1976 - *Criteria document for PCB*
[13] *Notice TG4 - Prodelec; Choix des materiaux por les transformateurs au Pyralene*
[14] *International program an chemical safety; Environmental health criteria*
[15] *Polychlorinated dibenzo-paradioxins and dibenzo-furans,* Geneve, Suise

Referent: ing. Capriţa Raluca, RENEL - GSCI

(Primit la 4 septembrie 1997, acceptat la 12 noiembrie 1997)

DE PERSONIS

Activitatea revistei ENERGETICA din ultimul timp este legată de dăruirea sufletească a doamnei Ana Maria Chivu, care în orice condiţii de lucru şi-a făcut datoria cu un ataşament mai rar întâlnit în zilele noastre.

Născută în ziua de 14 decembrie 1947 într-o comună din Ardeal, după efectuarea studiilor primare şi medii, d-na Ana Maria Chivu a urmat cursurile Facultăţii de Limba şi Literatura Română a Universităţii din Bucureşti, absolvind-o cu succes în anul 1970.

În anul 1972 a intrat în domeniul documentării în sectorul energiei electrice, iar din anul 1983 a devenit redactor al revistei ENERGETICA, funcţie pe care o îndeplineşte şi în continuare, fără întrerupere.

A contribuit în mod activ la creşterea nivelului revistei, atât în conţinut, cât şi în formă. S-a străduit şi a reuşit să-şi însuşească limbajul tehnic minim necesar, iar în ultimul timp a deprins procesarea pe calculator, devenind astfel un redactor modern, capabil să susţină progresul constant în evoluţia publicaţiei energeticienilor din România.

Colegiul de Redacţie, apreciindu-i calităţile şi recunoscându-i meritele, îi urează, cu ocazia împlinirii frumoasei vârste de 50 de ani, sănătate multă şi bucurii în mijlocul familiei, precum şi putere de muncă în continuarea activităţii de redactor al revistei noastre.

La mulţi ani !

Preşedintele Colegiului de Redacţie
dr. ing. Eugeniu Pavel

INFLUENŢA NONCALITĂŢII ENERGIEI ELECTRICE ASUPRA CONSUMATORILOR INDUSTRIALI

prof. dr. ing. NICOLAE GOLOVANOV *, ing. ION CONECINI **

Funcţionarea unor consumatori industriali este însoţită de introducerea în reţeaua electrică de alimentare a unor importante perturbaţii care pot determina reducerea nivelului de calitate a energiei electrice livrată celorlalţi consumatori conectaţi la reţea.

Abaterile parametrilor de calitate a energiei electrice conduc, de cele mai multe ori, la daune care pot fi determinate analitic pentru cazuri particulare ale diferitelor receptoare.

În funcţie de valorile admisibile ale variaţiei parametrilor de calitate se pot stabili condiţiile de contractare a energiei electrice în punctul de delimitare şi se adoptă măsuri specifice pentru buna desfăşurare a procesului tehnologic.

Industrial consumers operation is accompanied by important disturbances occurrence in the electricity supply network that can lead to a diminishing in the electricity quality supplied to the other consumers connected to the network.

The electricity quality parameters deviations usually result in damages that can be analytically determined in the particular cases of different receivers.

In agreement with the allowable values of the quality parameters variations electricity contracting conditions can be established in the delimitation point and specific measures for the carrying out of the technological process in good conditions can be taken.

Descriptori: utilizatori de energie, calitatea energiei, efectele variaţiei de tensiune şi de frecvenţă, aspecte cantitative

Introducere

Funcţionarea multor consumatori industriali este însoţită de introducerea în reţeaua electrică de alimentare a unor importante perturbaţii (armonici, interarmonici, flicker, nesimetrii, goluri de tensiune), care pot determina reducerea nivelului de calitate a energiei electrice livrată altor consumatori conectaţi în reţea.

Abaterile parametrilor de calitate a energiei electrice faţă de valorile acceptate pot determina daune datorate reducerii producţiei planificate sau a reducerii duratei de viaţă a utilajelor şi echipamentelor consumatorului.

Multe dintre echipamentele industriale, mai ales cele cu puteri nominale sub 10 kW, sunt conectate monofazat sau între două faze. Acest lucru face ca, de cele mai multe ori, consumatorii industriali să determine nesimetrii ale curenţilor electrici absorbiţi din reţeaua electrică de alimentare. În acest fel, pe barele de alimentare pot apărea nesimetrii ale sistemului de tensiune, cuprinzând componente de secvenţă pozitivă (directă), negativă (inversă) şi nulă (homopolară). Alimentarea consumatorilor industriali prin intermediul transformatoarelor triunghi - stea cu neutrul legat la pământ (20/0,4 kV) face ca componentele de secvenţă nulă ale curentului electric să nu se propage în reţeaua electrică de alimentare. In acest fel, indicatorul principal în analiza regimurilor nesimetrice în reţeaua electrică de alimentare este coeficientul de nesimetrie negativă ($k^- = U^-/U^+$).

Tendinţa actuală în sistemele de distribuţie de a utiliza transformatoare stea - stea poate determina necesitatea de a aprofunda aspectele generate de curenţii nesimetrici şi a impune necesitatea monitorizării în punctele de delimitare, a coeficienţilor de nesimetrie negativă şi nulă, în primul rând pentru a obliga consumatorii de a lua măsuri eficiente pentru reducerea coeficienţilor de nesimetrie sub valorile limită admise.

Măsurătorile efectuate în sistemul energetic din România au pus în evidenţă în multe cazuri valori ale coeficientului de nesimetrie negativă de tensiune k^-_U de (1...5)%, ceea ce depăşeşte valoarea acceptată în prezent în cadrul normativelor din România (1%).

Nivelul tensiunii pe barele de alimentare este puternic dependent de puterea reactivă absorbită de consumator. In acest sens, o atenţie deosebită

* Facultatea de Energetică - Universitatea "POLITEHNICA" Bucureşti

** RENEL - Comitetul de Strategie şi Reformă

trebuie acordată consumatorilor care sunt caracterizaţi de variaţii mari şi rapide ale puterii reactive absorbite, cei mai importanţi fiind cei care utilizează cuptoare cu arc electric.

1. Daune determinate de abaterile faţă de parametrii de calitate

Daunele D determinate de abaterile faţă de parametrii de calitate normaţi pot fi evaluate cu ajutorul relaţiei generale [1]:

$$D = C_r - C_N \cdot p^* \cdot c^*_d + D_c + D_r, \quad (1)$$

unde:

C_r sunt cheltuielile de producţie la parametri de calitate diferiţi de cei contractaţi;

C_N - cheltuieli de producţie la parametri de calitate egali cu cei contractaţi (mai mici faţă de C_r);

p^* - productivitatea muncii (în valori relative, faţă de productivitatea normată) la abaterea parametrilor de calitate faţă de valorile contractate;

c^*_d - durata de viaţă (în valori relative, faţă de durata de viaţă normată) a utilajelor, la abateri ale parametrilor de calitate faţă de valorile contractate;

D_c - daune determinate de reducerea calităţii produselor datorită abaterilor faţă de parametrii de calitate şi de nerealizare a contractelor de livrare;

D_r - daune determinate de rebuturi în producţie.

În funcţie de indicatorul de calitate analizat, elementele relaţiei (1) pot avea ponderi diferite.

Astfel, la reducerea tensiunii pe barele de alimentare rezultă creşterea uzurii motoarelor asincrone de antrenare şi deci reducerea duratei de viaţă a acestora. De asemenea, creşterea tensiunii pe barele de alimentare determină suprasolicitarea izolaţiei electrice şi deci reducerea duratei de viaţă a izolaţiei.

În funcţie de durata Δt_g şi amplitudinea golurilor de tensiune ΔU_g (fig.1), instalaţiile moderne cu control numeric al producţiei pot determina deconectarea instalaţiei şi rebutarea produselor în curs de fabricaţie. Repornirea acestor instalaţii, determină consumuri suplimentare de energie şi material.

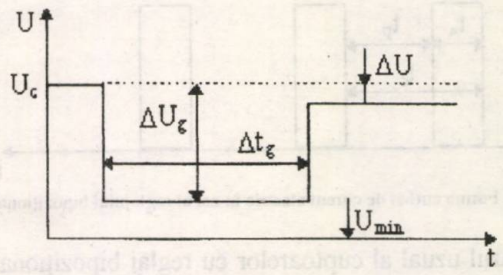


Fig.1. Gol de tensiune.

În cazul cuptoarelor electrice cu rezistoare, reducerea tensiunii de alimentare are influenţe negative asupra procesului tehnologic, iar creşterea tensiunii de alimentare determină reducerea duratei de viaţă a elementelor încălzitoare.

Durata de viaţă a elementelor încălzitoare ale cuptoarelor cu rezistoare depinde de: temperatura de lucru, caracteristicile de material, modul constructiv de realizare a elementului etc. Reducerea duratei de viaţă este determinată de accelerarea proceselor de oxidare a materialului rezistiv şi, deci, de alterarea treptată a parametrilor mecanici şi electrici.

Durata relativă de viaţă a unui element electric încălzitor poate fi determinată din relaţia [2]:

$$t^* = \frac{v_N}{v_r}, \quad (2)$$

unde:

v_N este viteza de oxidare nominală (pentru temperatura nominală şi deci pentru tensiunea nominală de alimentare a cuptorului);

v_r - viteza de oxidare pentru valoarea reală a tensiunii de alimentare.

În cazul cuptoarelor cu rezistoare electrice cu acţiune periodică, abaterea parametrilor de calitate a energiei electrice nu determină abateri ale calităţii produsului realizat, având în vedere faptul că durata de menţinere a rezistoarelor în circuit are loc în funcţie de graficul impus de temperatură. Valoarea relativă w^* a consumului de energie electrică în funcţie de valoarea relativă $u^* = U_r/U_c$ a tensiunii reale în raport cu tensiunea contractată U_c, poate fi calculată pe baza relaţiei:

$$w^* = u^{*2} \cdot \sum_{k=1}^{N} t^*_{ak} \quad (3)$$

În relaţia (3), t^*_{ak} este durata relativă activă (de conectare în circuit) a elementelor rezistive ale cuptorului (fig. 2) în diferitele sale zone k ($k = 1,N$).

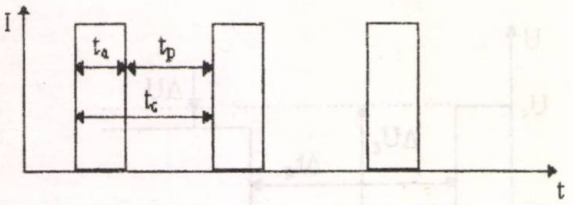


Fig. 2. Forma curbei de curent electric în cazul reglajului bipoziţional.

În cazul uzual al cuptoarelor cu reglaj bipoziţional, durata relativă t^*_{ak} pentru fiecare dintre zonele k rezultă pe baza temperaturilor impuse la regulator, θ_{1k} şi θ_{2k} pentru limita inferioară şi respectiv cea superioară de temperatură.

$$t^*_{ak} = \frac{\ln \dfrac{u^{*2} \cdot \theta_{sk} - \theta_{1k}}{u^{*2} \cdot \theta_{sk} - \theta_{2k}}}{\ln \dfrac{\theta_{2k}(u^{*2} \cdot \theta_{sk} - \theta_{1k})}{\theta_{1k}(u^{*2} \cdot \theta_{sk} - \theta_{2k})}}, \qquad (4)$$

unde θ_{sk} este temperatura stabilizată în zona k la nefuncţionarea regulatorului bipoziţional.

Analiza relaţiei (3) pune în evidenţă faptul că reducerea tensiunii de alimentare a cuptorului faţă de tensiunea contractată (teoretic egală cu tensiunea de dimensionare a rezistoarelor) determină creşterea consumurilor energetice şi deci creşterea cheltuielilor de producţie.

2. Influenţa indicatorilor de calitate asupra funcţionării cuptoarelor cu arc electric

În cazul **cuptoarelor trifazate cu arc electric**, unul dintre cei mai importanţi consumatori de energie electrică din industrie, abaterile indicatorilor de calitate faţă de valorile contractate determină, de cele mai multe ori, creşterea cheltuielilor de exploatare, fără a afecta calitatea produsului realizat (cu excepţia cazului în care apar întreruperi de lungă durată). In mod uzual apar însă creşteri semnificative ale costurilor de producţie. Astfel, în cazul cel mai des întâlnit al abaterilor tensiunii faţă de valoarea contractată, determinarea daunelor se face pe baza energiei electrice suplimentare necesară pentru aducerea materialului la temperatura impusă de procesul tehnologic.

Dacă se consideră schema echivalentă a circuitului cuptorului electric indicată în figura 3, puterea activă P absorbită de cuptorul cu arc electric rezultă:

$$P = 3 \cdot I^2 (\sqrt{(U_f / I)^2 - X^2} - R) \qquad (5)$$

unde:

I este intensitatea curentului în arcul electric;

U_f - tensiunea pe fază în circuitul arcului electric;

X şi R - reactanţa şi respectiv rezistenţa electrică echivalentă ale circuitului de alimentare a cuptorului (raportată la tensiunea U_f).

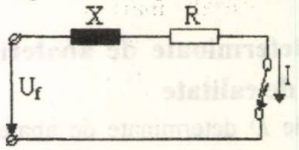


Fig. 3. Schema echivalentă a cuptorului cu arc electric.

Modificarea intensităţii curentului electric în circuit în funcţie de valoarea relativă u^* a tensiunii de pe barele de alimentare poate fi determinată din relaţia aproximativă:

$$I = I_0 + u^* \cdot I_1 + u^{*2} \cdot I_2, \qquad (6)$$

unde I_0, I_1 şi I_2 sunt coeficienţii polinomului de aproximare.

Bilanţul energetic, simplificat, la funcţionarea cuptorului cu arc electric se poate scrie sub forma [3]:

$$W_r + W_e + W_{ch} = W_t + (\Delta P_{el} + \Delta P_t) \cdot t_1 + \Delta P_t \cdot t_2, \qquad (7)$$

unde:

W_r este energia activă absorbită din reţeaua electrică de alimentare,

W_e - energia suplimentară datorată arderii electrozilor din cărbune;

W_{ch} - energia suplimentară datorată reacţiilor chimice exoterme;

W_t - energia corespunzătoare masei topite, la sfârşitul procesului de preparare;

ΔP_{el} - pierderi electrice în reţeaua cuptorului;

ΔP_t - pierderi termice ale cuptorului;

t_1 - durata arderii arcului electric în cuptor;

t_2 - durata procesului de preparare fără arc electric în cuptor.

Datele experimentale pun în evidenţă faptul că în mod uzual, energia W_r preluată din reţeaua electrică de alimentare reprezintă 80...90 %, iar energia suplimentară determinată de arderea electrozilor şi energia reacţiilor chimice exoterme reprezintă 10...20 % din energia totală necesară procesului. Din energia totală dezvoltată în proces, 50...80 % se regăseşte în metalul topit, 1...8 % în zgura topită, 10...25 % sunt pierderi termice, iar pierderile electrice reprezintă 7...13 %.

Pentru a calcula durata necesară procesării materialului $t=t_1+t_2$, relaţia (7) poate fi scrisă sub forma:

$$(P_R - \Delta P_{el}) \cdot t_1 + (P_e + P_{ch}) \cdot (t_1 + t_2) = W_t + \Delta P_t \cdot (t_1 + t_2), \quad (8)$$

unde:

P_R este puterea activă absorbită din reţeaua electrică de alimentare,

P_e şi P_{ch} - puterile corespunzătoare aportului energetic al electrozilor şi, respectiv, reacţiilor chimice exoterme.

Din relaţia (8) poate fi determinată durata t de procesare a materialului:

$$t = \frac{W_t}{\lambda P + P_e + P_{ch} - \Delta P_t}. \quad (9)$$

În relaţia (9), P este puterea dezvoltată în arcul electric (vezi relaţia 5), iar durata relativă λ are expresia:

$$\lambda = \frac{t_1}{t_1 + t_2}. \quad (10)$$

Modificarea parametrilor de calitate a energiei absorbite (în special a tensiunii de alimentare) determină modificarea duratei procesării materialului. Dacă se consideră că la modificarea parametrilor de calitate, energia W_t înglobată în metalul şi zgura în stare topită nu se modifică şi, de asemenea, nu se modifică puterea dezvoltată în reacţiile chimice şi cea determinată de arderea electrozilor, precum şi pierderile termice care depind numai de temperatură, durata t' a procesării materialului se poate scrie sub forma:

$$t' = \frac{W_t}{\lambda P' + P_{el} + P_{ch} - \Delta P_t}. \quad (11)$$

În relaţia (11), s-a adoptat ipoteza că raportul λ (relaţia 10) rămâne practic neschimbat la variaţia parametrilor de calitate şi s-a notat cu P' puterea absorbită în arcul electric pentru noile valori ale parametrilor.

Durata relativă t^* a procesării materialului în cuptoarele cu arc electric rezultă:

$$t^* = \frac{t'}{t} = \frac{\lambda P + P_{el} + P_{ch} - \Delta P_t}{\lambda P' + P_{el} + P_{ch} - \Delta P_t} = \left(1 + \frac{P_{el} + P_{ch} - \Delta P_t}{\lambda P}\right) : \left(\frac{P'}{P} + \frac{P_{el} + P_{ch} - \Delta P_t}{\lambda P}\right). \quad (12)$$

Relaţia (12) poate fi scrisă şi sub forma:

$$t^* = \frac{1 + \beta}{P^* + \beta}, \quad (13)$$

unde P^* este valoarea relativă a puterii dezvoltate în arcul electric la modificarea parametrilor de calitate a energiei electrice, iar cu β s-a notat expresia:

$$\beta = \frac{P_{el} + P_{ch} - \Delta P_t}{\lambda P}. \quad (14)$$

Modificarea procesului de obţinere a metalului, datorită modificării parametrilor de calitate a energiei electrice, determină modificarea productivităţii m a cuptorului şi consumul specific w de energie electrică:

$$m = \frac{M}{t'}; \qquad w = \frac{W_t - W_e - W_{ch} + (\Delta P_{el} \cdot u^{*-2} + \Delta P_t) \cdot t'}{M}, \quad (15)$$

unde:

M este masa dc metal elaborată;

u^* - valoarea relativă a parametrului de calitate (în mod uzual amplitudinea tensiunii aplicate).

Pentru cazul uzual al cuptoarelor pentru procesarea oţelului, calculele efectuate pe baza relaţiilor (15) pun în evidenţă faptul că la reducerea tensiunii pe bare cu 8% (u^*=0,92), rezultă o reducerea a productivităţii cu circa 6% (m^*=0,94) şi o creştere a consumului specific de energie electrică cu circa 7% (w^*=1,07).

3. Influenţa indicatorilor de calitate asupra funcţionării cuptoarelor cu inducţie electromagnetică alimentate direct la reţeaua electrică

În cazul **cuptoarelor de inducţie electromagnetică**, alimentate la frecvenţă industrială, intensitatea curentului electric absorbit de inductor poate fi calculat din relaţia:

$$I = \frac{U_r}{X}, \quad (16)$$

unde reactanţa de intrare X are expresia [4]:

$$X = 2\pi L = 2\pi (L_1 - k_T^2 L_2), \quad (17)$$

unde:

L_1 şi L_2 sunt inductivităţile echivalente ale inductorului şi respectiv corpului de încălzit;

k_T - coeficientul de transformare.

În general, pentru cuptoarele cu inducţie $L_1 >> k_T^2 L_2$, astfel că, într-o primă aproximaţie, se poate scrie $X \cong 2\pi L_1$.

Intensitatea curentului electric în circuitul cuptorului de inducţie rezultă:

$$I = \frac{U_r}{2\pi f L_1}. \quad (18)$$

În calculele practice, puterea activă consumată de cuptorul de inducţie electromagnetică se scrie sub forma:

$$P = P_M + \Delta P_i \,, \qquad (19)$$

unde:

P_M este puterea disipată în material (dependentă de adâncimea de pătrundere δ);

ΔP_i - pierderi de putere în inductorul instalației:

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi f \mu}},$$

$$P_M = k_1 \sqrt{\rho\mu}\,\frac{U_r^2}{f_r^{3/2}} = k_1 \sqrt{\rho\mu}\,\frac{U_N^2}{f_N^{3/2}} \cdot \frac{u^{*2}}{f^{*3/2}}; \qquad (20)$$

$$\Delta P_i = k_2 \frac{U_r^2}{f_r^{3/2}} = k_2 \frac{U_N^2}{f_N^{3/2}} \cdot \frac{u^{*2}}{f^{*3/2}} \,,$$

unde:

k_1 şi k_2 sunt coeficienți ce depind de dimensiunile geometrice ale configurației cuptorului şi respectiv inductorului;

ρ şi μ - rezistivitatea şi respectiv permeabilitatea materialului din cuptor;

U_r şi f_r - tensiunea reală şi respectiv frecvența reală de alimentare;

U_N şi f_N - tensiunea nominală şi respectiv frecvența nominală ale instalației;

u^* şi f^* - valorile relative ale tensiunii şi respectiv frecvenței raportate la valorile nominale.

Din relațiile (20) se observă faptul că la variația parametrilor de calitate: amplitudinea tensiunii de alimentare şi frecvența tensiunii de alimentare, puterea totală P absorbită de cuptorul cu inducție devine:

$$P = P_M + \Delta P_i = (k_1 \sqrt{\rho\mu} \cdot \frac{U_N^2}{f_N^{3/2}} + k_2 \cdot \frac{U_N^2}{f_N^{3/2}}) \cdot \frac{u^{*2}}{f^{*3/2}} \qquad (21)$$

Analiza relației (21) pune în evidență faptul că valoarea relativă $p^* = P_r / P_N$ a puterii reale P_r absorbite la variația parametrilor de calitate: amplitudinea tensiunii de alimentare şi frecvența tensiunii de alimentare, față de puterea nominală P_N, rezultă:

$$p^* = \frac{u^{*2}}{f^{*3/2}} \,. \qquad (22)$$

Pentru a stabili variația productivității şi a consumului specific de energie se pleacă de la ecuația de bilanț energetic:

$$W_R = W_M + \Delta W_i + \Delta W_{el} + \Delta W_t + W_a \,, \qquad (23)$$

unde:

W_R este energia absorbită din rețeaua electrică de alimentare;

W_M - energia înglobată în masa topită;

ΔW_i - pierderi de energie în inductorul instalației;

ΔW_{el} - pierderi în circuitul electric al cuptorului;

ΔW_t - pierderi termice;

W_a - căldura acumulată în zidăria cuptorului.

Într-o primă aproximație se poate considera că pe durata procesului de topire a materialului, puterea de pierderi nu se modifică.

Dacă în relația (23) se adoptă notațiile:

$$W_R - \Delta W_{el} = P \cdot t;$$
$$\Delta W_i = \Delta P_i \cdot t; \qquad (24)$$
$$\Delta W_t = \Delta P_t \cdot t \,,$$

din ecuația de bilanț energetic (23) se obține durata t a procesului de topire:

$$t = \frac{W_M + W_a}{P - \Delta P_i - \Delta P_t} \,. \qquad (25)$$

Modificarea parametrilor de calitate a energiei electrice, pe barele de alimentare, determină modificarea puterii P_r absorbite de instalația de încălzire şi deci durata procesului de încălzire.

Cu notația $p^* = P_r/P_N$ durata reală t_r a procesului poate fi calculată pe baza relației (25):

$$t_r = \frac{W_M + W_a}{p^* \cdot P - p^* \cdot \Delta P_i - \Delta P_t} \,. \qquad (26)$$

Productivitatea m a cuptorului şi consumul specific w de energie electrică sunt dependente de durata procesului de topire. Pentru aceeaşi masă M de metal procesat, valorile relative m^* şi w^* rezultă pe baza relațiilor (20):

$$m^* = \frac{M_r}{t_r} : \frac{M_N}{t_N} = \frac{t_N}{t_r} = \frac{\dfrac{u^{*2}}{f^{*3/2}} - \dfrac{u^{*2}}{f^{*3/2}} \cdot \Delta P^*_i - \Delta P^*_t}{1 - \Delta P^*_i - \Delta P^*_t};$$

$$w^* = \frac{P_r \cdot t_r}{P_N \cdot t_N} = p^* \cdot t^*. \qquad (27)$$

În relația (27), au fost utilizate notațiile:

$$t^* = \frac{t_r}{t_N}; \quad \Delta P_i^* = \frac{\Delta P_i}{P_N}; \quad \Delta P_t^* = \frac{\Delta P_t}{P_N} \,. \qquad (28)$$

Relațiile (27) permit stabilirea daunelor care intervin la abaterea parametrilor de calitate ai energiei electrice față de valorile contractate. Pentru o reducere a tensiunii de alimentare cu 5%, calculele efectuate pe baza relațiilor (27) arată o reducere a productivității cu circa 10% (m^*=0,9) şi o creştere a consumului specific cu circa 8% (w^*=1,08).

4. Influenţa indicatorilor de calitate asupra funcţionării cuptoarelor de inducţie electromagnetică alimentate de la convertizoare statice

Instalaţiile moderne pentru procesarea metalelor în **cuptoare de inducţie electromagnetică** sunt alimentate prin intermediul unui invertor (fig.4) [5,6].

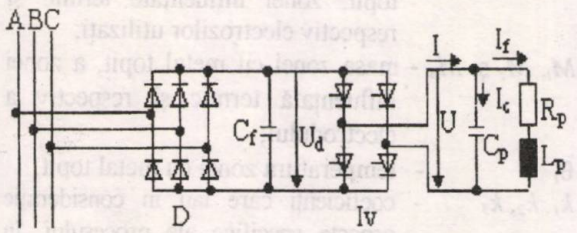


Fig. 4. Schema de principiu a unei instalaţii de inducţie electromagnetică.

Tensiunea redresată U_d rezultată la bornele condensatorului de filtrare C_f conectat la bornele de ieşire ale redresorului D este direct proporţională cu valoarea maximă a tensiunii de pe barele de alimentare. Tensiunea U la ieşirea invertorului Iv poate fi calculată din relaţia:

$$U = \frac{U_d}{\sqrt{2} \cdot \frac{p}{\pi} \cdot \sin\frac{\pi}{p} \cdot \cos\alpha}, \qquad (29)$$

unde p este numărul de pulsuri (pentru schema din fig.4, p=2), iar α este unghiul de intrare în conducţie al tiristoarelor din schema invertorului Iv. Dacă se consideră că tensiunea de pe barele de alimentare are o valoare relativă u^* raportată la tensiunea nominală a instalaţiei, tensiunea reală U_r la ieşirea din invertor, conform relaţiei (29), devine:

$$U_r = \frac{U_{dN} \cdot u^*}{0{,}9 \cdot \cos\alpha}. \qquad (30)$$

La ieşirea invertorului Iv este conectat circuitul paralel care cuprinde condensatorul C_p pentru realizarea circuitului oscilant, precum şi bobina L_p şi rezistorul R_p care simulează cuptorul cu inducţie electromagnetică.

Analiza schemei electrice din figura 4 pune în evidenţă faptul că modificarea frecvenţei tensiunii de alimentare nu conduce, practic, la modificarea parametrilor tensiunii la bornele de ieşire ale redresorului D.

Dacă se notează cu φ unghiul de defazaj dintre tensiunea $\underline{U}$ de la ieşirea invertorului şi curentul $\underline{I_f}$ absorbit de cuptor, se poate scrie:

$$\tan\varphi = \frac{P_f}{Q_f}, \qquad (31)$$

unde P_f este puterea activă disipată în cuptor, iar Q_f este puterea reactivă necesară cuptorului.

Diagrama fazorială a mărimilor electrice în zona cuptorului de inducţie este indicată în figura 8. Analiza diagramei fazoriale din figura 8 pune în evidenţă caracterul capacitiv al curentului electric $\underline{I}$ absorbit din schema invertorului. De fapt, acest lucru este impus şi de caracteristici funcţionale ale circuitului (blocarea sigură a tiristoarelor din schema invertorului).

Din diagrama din figura 5 rezultă:

$$I = I_f \frac{\cos\varphi}{\cos\alpha}. \qquad (32)$$

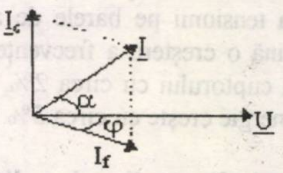


Fig. 5. Diagrama fazorială a mărimilor electrice.

Puterea reactivă Q în reţeaua electrică de alimentare este determinată de diferenţa dintre puterea reactivă Q_p, generată de bateria de condensatoare C_p, şi puterea reactivă Q_f, absorbită de circuitul cuptorului:

$$Q = Q_p - Q_f.$$

Relaţia (32) se poate scrie şi sub forma:

$$U \cdot I \cdot \sin\alpha = Q_p - Q_f, \qquad (33)$$

sau

$$U \cdot I_f \cdot \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} \cdot \cos\varphi = P_f \cdot \tan\varphi = Q_p - Q_f. \qquad (34)$$

În relaţia (34) s-a avut în vedere expresia (32) a curentului electric I la ieşirea din invertor.

Dacă se are în vedere faptul că puterile reactive Q_p şi Q_f se pot scrie sub forma:

$$Q_p = \omega C_p U^2;$$
$$Q_f = \frac{U^2}{\omega L_p}, \qquad (35)$$

şi se are în vedere faptul că $Q_f = P_f \tan\varphi$, din relaţia de bilanţ (34) se deduce:

$$\tan\varphi = \frac{\tan\alpha}{1 + \omega^2 L_p C_p}. \qquad (36)$$

Utilizând relaţia (36), tensiunea reală U_r la bornele de ieşire ale invertorului devine:

$$U_r = \frac{U_{dN} \cdot u^*}{0{,}9 \cdot \cos\left(\arctan \frac{\tan\alpha}{1+\omega^2 L_p C_p}\right)} \qquad (37)$$

În mod uzual, tensiunea U_r de la bornele de ieşire ale invertorului Iv este stabilizată, iar unghiul α este menţinut practic constant din motive funcţionale ale circuitului. Din relaţia (37) se observă faptul că, în acest caz, frecvenţa semnalului de la ieşirea invertorului se modifică şi în acest fel se modifică puterea disipată în materialul de încălzit şi unghiul φ de defazaj între tensiunea la bornele cuptorului şi curentul electric absorbit de cuptor. Acest lucru duce la modificarea puterii reactive absorbită de circuitul cuptorului.

Calculele efectuate pe baza relaţiei (37) arată că reducerea tensiunii pe barele de alimentare cu 10% determină o creştere a frecvenţei tensiunii de alimentare a cuptorului cu circa 2%, iar consumul specific de energie creşte cu circa 5%.

5. Influenţa indicatorilor de calitate asupra funcţionării instalaţiilor de sudare

În cazul **instalaţiilor de sudare cu rezistenţă electrică** (prin puncte, cu cusătură, cu relief, cap la cap), cantitatea de căldură Q dezvoltată în procesul de sudare poate fi determinată din relaţia:

$$Q = \int_0^{t_s} R_s \cdot I_s^2 \cdot dt\,, \qquad (38)$$

unde:

R_s este rezistenţa circuitului electric (în mod uzual practic constant în timp);

I_s - intensitatea curentului în circuit;

t_s - durata procesului de sudare.

Bilanţul energetic al procesului poate fi scris sub forma aproximativă:

$$Q \cong Q_t + Q_z + Q_e. \qquad (39)$$

Q_t este cantitatea de căldură utilizată pentru topirea zonei lichide;

Q_z - cantitatea de căldură corespunzătoare zonei influenţate termic din apropierea zonei lichide;

Q_e - cantitatea de căldură disipată în electrozi.

În relaţia (39), s-au neglijat pierderile termice spre exterior, neglijabile în bilanţul energetic al procesului.

Dacă se consideră că mărimile din relaţia (38) sunt practic constante pe durata procesului de sudare, se poate scrie:

$$Q = k_1 R_s I_s^2 t_s\,. \qquad (40)$$

De asemenea, energiile termice din relaţia (39) pot fi scrise sub forma:

$$\begin{aligned} Q_t &= c_t M_t \theta_t; \\ Q_z &= k_2 c_z M_z \theta_t; \\ Q_e &= k_3 c_e M_e \theta_t, \end{aligned} \qquad (41)$$

unde:

c_t, c_z, c_e sunt căldurile masice ale zonei de metal topit, zonei influenţate termic şi respectiv electrozilor utilizaţi;

M_t, M_z şi M_e - masa zonei cu metal topit, a zonei influenţată termic şi respectiv a electrodului;

θ_t - temperatura zonei cu metal topit;

k_1, k_2, k_3 - coeficienţi care iau în consideraţie aspecte specifice ale procesului, în primul rând faptul că temperatura zonei influenţată termic şi a electrozilor nu este constantă şi nu este egală cu temperatura θ_t a zonei lichide, ci doar proporţională cu aceasta.

Din relaţiile (40) şi (41) poate fi determinată temperatura θ_t a zonei cu metal lichid:

$$\theta_t = \frac{k_1 R_s I_s^2 t_s}{c_t M_t + k_2 c_z M_z + k_3 c_e M_e}. \qquad (42)$$

Relaţia (42) permite analiza influenţei amplitudinii curentului electric în circuit (dependentă direct de amplitudinea tensiunii de pe bare) asupra temperaturii zonei ce urmează a fi topită şi, dacă se impune temperatura zonei respective, poate fi determinată durata procesului pentru a asigura atingerea temperaturii prescrise.

Dacă se are în vedere faptul că o abatere a tensiunii de pe barele de alimentare faţă de tensiunea contractată cu ± 15% determină o abatere proporţională a curentului electric în circuit şi fiind cunoscut intervalul admis al temperaturii materialului lichid, din relaţia (42) poate fi stabilită şi variaţia admisă a tensiunii de pe bare.

Calculele efectuate pe baza relaţiei (42), precum şi datele experimentale cunoscute arată că variaţia tensiunii de pe bare în intervalul ± 10% are, în cazul oţelurilor obişnuite, efecte numai asupra duratei procesului tehnologic fără a afecta calitatea produsului. Abateri ale tensiunii de alimentare peste 10% determină, de cele mai multe ori, rebutarea operaţiei efectuate.

În cazul îmbinării oţelurilor speciale, datele experimentale pun în evidenţă necesitatea menţinerii

tensiunii pe barele de alimentare în intervalul $(0,95...1.05).U_c$, unde U_c este tensiunea contractată, în general egală cu tensiunea nominală a instalației de sudare.

6. Analiza statistică a daunelor determinate de variația parametrilor de calitate a energiei electrice

Corelația deterministă între parametrii de calitate și daunele la consumator permite obținerea unor informații utile pentru aprecierea limitelor admisibile, pentru fiecare consumator, a parametrilor de calitate (nivelului perturbațiilor). In cazurile reale, de cele mai multe ori, mărimile electrice de pe barele de alimentare pot fi definite numai pe cale statistică, prezentând abateri în jurul unei valori medii. În cele mai multe dintre cazuri, variației parametrilor de calitate i se poate atașa o funcție normală de repartiție (fig.6).

Ca exemplu, în figura 6 este analizată relația dintre daunele D și variația aleatorie a tensiunii U de pe barele de alimentare. Dacă se consideră o corelație D=f(U) de forma indicată în figura 6, iar tensiunea pe barele de alimentare poate fi definită prin densitatea de probabilitate $p(U)$, cu valoarea medie U_m (în general diferită de valoarea contractată U_c), poate fi calculată densitatea de probabilitate $p(D)$ a daunelor care apar la variația tensiunii de alimentare.

În exemplul din figura 6 s-au luat în considerare variații relativ reduse ale amplitudinii tensiunii de alimentare, astfel că îmbătrânirea izolației datorită creșterii tensiunii aplicate să aibă o pondere redusă față de creșterea productivității muncii. De asemenea, s-a ținut seama că pentru o tensiune pe barele de alimentare egală cu tensiunea contractată daunele sunt nule.

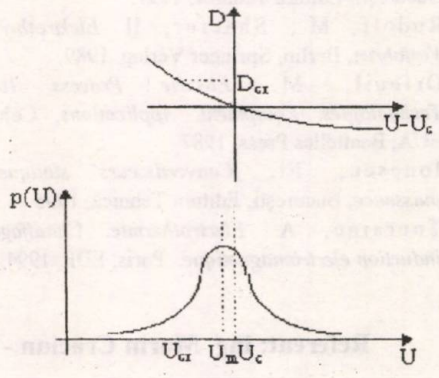


Fig. 6. Corelația daune - variația alcatorie a tensiunii pe barele de alimentare.

În cazurile practice, relația dintre daunele D și indicatorul de calitate (pentru cazul analizat amplitudinea U a tensiunii pe barele de alimentare) poate fi exprimată sub forma unui polinom de gradul doi:

$$D = a(U - U_c) + b(U - U_c)^2 . \quad (43)$$

În figura 6 este pus în evidență faptul că unei valori D_{cr} a daunelor critice (maxim admise) îi corespunde o valoare U_{cr} sub care nu poate fi redusă tensiunea, deoarece daunele depășesc valoarea admisibilă. In calculele practice, determinarea valorii U_{cr} are o importanță deosebită pentru stabilirea domeniului de variație a tensiunii pe bare și, în mod corespunzător, a măsurilor care trebuie adoptate pentru fiecare consumator în parte.

În mod uzual, variația tensiunii pe barele de alimentare poate fi definită printr-o lege de repartiție normală (Gauss):

$$p(U) = \frac{1}{\sigma_U \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(U-U_m)}{2\sigma_U^2}} , \quad (44)$$

unde s-a notat cu σ_U abaterea standard a repartiției.

În calculul daunelor determinate de variația parametrilor de calitate a energiei electrice se face referire la valorile contractate, pentru care se consideră că daunele sunt nule. Pentru exemplul analizat se notează:

$$\begin{aligned} U - U_c &= \Delta U; \\ U - U_m &= \Delta U_m , \end{aligned} \quad (45)$$

iar densitatea de probabilitate $p(\Delta U)$ rezultă:

$$p(\Delta U) = \frac{1}{\sigma_U \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\Delta U-\Delta U_m)}{2\sigma_U^2}} . \quad (46)$$

Cu notațiile (45), relația (43) devine:

$$D = a \cdot \Delta U + b \cdot (\Delta U)^2 , \quad (47)$$

unde coeficienții a și b corespund curbei de regresie specifice fiecărui consumator în parte.

Dacă se cunoaște densitatea de probabilitate $p(\Delta U)$ a funcției de variație a tensiunii pe barele de alimentare, probabilitatea corespunzătoare $P(\Delta U)$ rezultă teoretic:

$$P(\Delta U) = \int_{-\infty}^{\Delta U} p(\Delta U).d(\Delta U) . \quad (48)$$

În cazurile practice prezintă interes stabilirea probabilității $P(D)$ de apariție a unei anumite daune D la variația tensiunii de pe bare. Dacă se observă faptul că daunele D pot fi scrise ca

o funcţie de abaterile de tensiune (relaţia 47), $D=f(\Delta U)$, probabilitatea $P(D)$ rezultă:

$$P(D)=P\left[f(\Delta U)\right], \tag{49}$$

sau

$$p(D)=\frac{d}{dD}P(D)=\frac{d}{d(\Delta U)}P\left[f(\Delta U)\right]\cdot\frac{d}{dD}(\Delta U). \tag{50}$$

În relaţia (50), expresia $\frac{d}{d(\Delta U)}P\left[f(\Delta U)\right]$ este densitatea de probabilitate $p(\Delta U)$ şi deci relaţia (50) devine:

$$p(D)=p(\Delta U)\cdot\frac{d}{dD}(\Delta U). \tag{51}$$

Expresia (51) este utilizată pentru calculul densităţii de probabilitate a funcţiei de repartiţie a daunelor determinate de variaţia parametrilor de calitate a energiei electrice livrată consumatorilor.

Dacă se consideră o dependenţă polinomială de gradul doi (relaţia 47) între daune şi variaţia parametrilor de calitate, se obţine

$$\Delta U_{1,2}=\frac{-a\pm\sqrt{a^2+4bD}}{2b}, \tag{52}$$

iar:

$$\frac{d}{dD}(\Delta U)=\pm\frac{1}{\sqrt{a^2+4bD}}. \tag{53}$$

Dacă se consideră, de exemplu, o repartiţie normală a abaterilor tensiunii pe barele de alimentare (relaţia 46), densitatea de probabilitate $p(D)$ a daunelor, calculată conform relaţiei (51), rezultă:

$$p(D)=\frac{1}{\sigma_U\sqrt{2\pi(a^2+4bD)}}\left\{e^{\frac{\Delta U_1-\Delta U_m}{2\sigma_U^2}}+e^{\frac{\Delta U_2-\Delta U_m}{2\sigma_U^2}}\right\} \tag{54}$$

În relaţia (54) au fost utilizate notaţiile:

$$\Delta U_1=\frac{-a+\sqrt{a^2+4bD}}{2b};\qquad \Delta U_2=\frac{-a-\sqrt{a^2+4bD}}{2b}. \tag{55}$$

Utilizarea, pentru calculul daunelor, a repartiţiei normale a densităţii variaţiei de tensiune duce, de cele mai multe ori, la rezultate suficient de apropiate de realitate. Pentru calcule mai exacte, repartiţia variaţiilor de tensiune poate fi considerată ca fiind definită de o repartiţie trunchiată. De asemenea, în multe dintre cazuri, reducerea parametrilor de calitate a energiei electrice sub o anumită limită (în cazul indicat în figura 6 sub valoarea U_{cr}), determină rebuturi în producţie, ceea ce din punct de vedere matematic duce la daune constante independent de valoarea parametrului de calitate.

Relaţia (54) permite ca, pentru fiecare caz în parte, plecând de la valoarea admisibilă a daunelor, să se stabilească valorile admisibile ale parametrilor de calitate a energiei energiei electrice livrată consumatorului.

Concluzii

Abaterile parametrilor de calitate a energiei electrice pe barele de alimentare a consumatorilor duc, de cele mai multe ori, la daune care pot fi determinate analitic pentru cazuri particulare ale diferitelor receptoare.

O calitate necorespunzătoare a energiei electrice livrate poate determina daune importante la consumatori, prin reducerea productivităţii, reducerea calităţii produselor, creşterea consumurilor specifice, apariţia de rebuturi şi creşterea cheltuielilor de exploatare.

În funcţie de valorile admisibile ale variaţiei parametrilor de calitate, consumatorul poate stabili condiţiile de contractare a energiei electrice în punctul de delimitare şi adopta măsuri specifice in cazul în care furnizorul de energie electrică nu poate asigura condiţiile de calitate necesare procesului tehnologic din întreprindere.

BIBLIOGRAFIE

[1] Borişov, B. P. ş.a. *Povâşenie efektivnosti ispolzovania elektroenergii*, Kiev, Naukova Dumka, 1990.

[2] Golovanov,N., Şora,I. ş.a. *Elektrotermie*, Bucureşti, Editura Tehnică, 1997.

[3] Rudolf, M., Shaefer, H. *Elektrothermische Verfahren*, Berlin, Springer Verlag, 1989.

[4] Orfeuil, M. *Electric Process Heating. Technologies. Equipment. Applications*, Columbus, SUA, Baattelles Press, 1987.

[5] Ionescu, Fl. *Convertisseurs statiques de puissance*, Bucureşti, Editura Tehnică, 1995.

[6] Touraine, A. *Electrothermie. Chauffage par induction electromagnetique.* Paris, EDF, 1994.

Referent: ing. Marin Crăciun - GSCI

(Primit la 8 septembrie 1997, acceptat la 12 noiembrie 1997)

Informaţii

FIABILITATEA ŞI MENTENANŢA ECHIPAMENTELOR ŞI INSTALAŢIILOR ENERGETICE - COSTURI ALE CALITĂŢII ÎN CADRUL RENEL -

Introducere

Siguranţa în funcţionare a Sistemului Energetic Naţional depinde de fiabilitatea fiecărui echipament component sau, altfel spus, de modul în care fiecare produs îşi îndeplineşte rolul sau în locul în care se află montat. Rezultă, deci, că pentru fiecare produs beneficiarul trebuie să fie capabil să impună condiţii privind calitatea şi performanţele necesare şi să verifice dacă produsul cumpărat corespunde în totalitate cerinţelor impuse.

Deşi într-o primă fază cerinţele pot fi incomplete, pe măsură ce apar informaţii suplimentare privind calitatea şi performanţele necesare pentru un anumit produs, beneficiarul trebuie să poată actualiza documentele de achiziţie, astfel încât noile informaţii să poată fi incluse în acestea. Numai astfel se poate depăşi practica actuală prin care beneficiarul lasă la latitudinea furnizorului calitatea şi performanţele produselor achiziţionate. Astfel, s-a ajuns la situaţia în care sunt achiziţionate pentru sistemul energetic echipamente necorespunzătoare, neconforme cu documentaţiile sau chiar refuzate de alţi beneficiari.

Apelarea la aceiaşi furnizori pentru a repune sau înlocui propriile echipamente defecte a condus la concluzia că un furnizor care realizează produse de proastă calitate devine indispensabil pentru RENEL, fiindu-i astfel asigurată prosperitatea.

Procedurile sistemului calităţii al RENEL aplicabile în activitatea de achiziţie, aprobate de conducerea RENEL cu Decizia nr. 66/1997, au rolul de a ordona activitatea de achiziţie în cadrul filialelor, astfel încât costurile privind noncalitatea produselor şi serviciilor aprovizionate să fie în continuă descreştere. Din păcate, aceste proceduri au fost primite cu reţinere de către filiale, care au insistat asupra unor neconformităţi minore sau imperfecţiuni.

Lucrarea îşi propune să prezinte unele aspecte privind achiziţia produselor şi serviciilor, prin a căror respectate se obţine în mod sigur reducerea costurilor datorate noncalităţii, fără cheltuieli şi investiţii suplimentare.

1. Conţinutul caietului de sarcini şi referirea corectă a standardului de calitate aplicabil

Calitatea şi performanţele produsului achiziţionat trebuie să fie impuse de către beneficiar în documentele de achiziţie, astfel încât produsul să corespundă şi să poată îndeplini funcţiunile ce decurg din locul şi rolul sau în instalaţie.

Furnizorul trebuie să depună eforturi să realizeze şi să demonstreze că produsul oferit corespunde cerinţelor beneficiarului. În cazul în care beneficiarul nu impune nici un fel de condiţii, furnizorului i se permite realizarea şi livrarea în orice condiţii a produselor, urmând ca în cazul în care apar defecţiuni sau incidente să caute explicaţii în proiectarea sau exploatarea necorespunzătoare a instalaţiilor respective.

Considerăm că cerinţele minime ce trebuie precizate în caietul de sarcini sunt:

1. Documentul să fie identificat prin număr.
2. În document să fie completate toate rubricile.
3. Documentul să fie avizat şi aprobat corespunzător cerinţelor şi să fie lizibil.
4. Caietul de sarcini să conţină:

- obiectul achiziţiei;
- denumirea şi descrierea corectă şi completă a produsului/serviciului;
- catalogul, ediţia şi poziţia corespunzătoare produsului comandat;
- identificarea documentaţiei de execuţie;
- coduri/standarde tehnice aplicabile (număr, ediţie);
- număr bucăţi/cantitatea solicitată;
- tipul serviciului solicitat şi cerinţe specifice de execuţie;
- felul materialelor şi modul de alegere a probelor care vor constitui mostre de verificare şi control în timpul executării contractului;
- cerinţe privind certificarea/omologarea produselor, a proceselor şi a echipamentelor pentru realizarea produselor, după caz cu viza RENEL (când acesta este beneficiar principal). Pentru echipamente şi dispozitive de protecţia muncii se va solicita şi avizul

Serviciului de Securitatea Muncii din cadrul Direcţiei de Resurse Umane a RENEL;

- cerinţe privind conformitatea produselor/serviciilor cu prevederile Legii Protecţiei Muncii nr. 90/1996, cu Normele Metodologice de aplicare şi cu Normele Generale de Protecţia Muncii (Art. 297-301 - declaraţia de conformitate şi marca de securitate);

- cerinţe privind standardul de calitate aplicabil, aprobarea planului calităţii, accesul şi participarea la inspecţii pe fluxul de fabricaţie şi pe produsul final;

- modul de recepţie şi operaţiunile tehnice care vor trebui făcute pentru acceptarea achiziţiei;

- termenul de execuţie şi de livrare;

- cerinţe privind ambalarea, depozitarea şi livrarea furniturii;

- lista documentelor care urmează să fie aprobate de beneficiar şi componenţa dosarului de istorie a produsului;

- durata de păstrare a înregistrărilor calităţii generate pe durata fabricaţiei;

- lista parametrilor garantaţi şi valorile acestora;

- piese de schimb şi de primă dotare;

- sancţiuni pentru nerealizarea termenelor şi a condiţiilor tehnice de calitate;

- cuantumul şi natura garanţiilor care vor trebui depuse de către ofertanţi pentru a fi admişi la licitaţii şi pentru a garanta exploatarea normală în timp a produsului sau serviciului pe perioada garanţiei;

- modalităţile de plată;

- asigurarea service-ului;

5. Să fie referite corect: standardul de asigurarea calităţii şi cerinţele privind accesul beneficiarului pe fluxul de fabricaţie.

6. Să fie precizat conţinutul dosarului de istorie a fabricaţiei.

7. Să fie precizată durata de păstrare a înregistrărilor calităţii.

8. Să fie precizată cerinţa de a asigura service-ul o perioadă de timp definită.

9. Să fie prevăzută cerinţa înscrierii în contract a preţurilor în lei pentru materiale şi servicii.

Referirea corectă a acestor informaţii permite verificarea la livrare a produsului achiziţionat, constituind, de asemenea, baza de plecare în analiza defecţiunilor sau incidentelor apărute pe toată durata de viaţă a produsului respectiv.

Referirea la standardul de calitate aplicabil sub forma: SR ISO 8402 şi SR EN ISO 9000-9004 demonstrează furnizorului incultura beneficiarului în ceea ce priveşte standardele de calitate aplicabile, favorizându-l în relaţiile contractuale.

În conformitate cu procedura operaţională, cod: PO-04.01, selecţia standardului de calitate aplicabil se face prin evaluarea produsului ce trebuie achiziţionat conform criteriilor stabilite în STAS-ISO 9000/1991 şi ţinând seama de următoarele precizări:

a) Echipamentele care determină funcţionarea corectă a instalaţiilor energetice aflate pe fluxul de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice şi termice, a căror defectare duce la deconectarea blocului energetic, a unor linii de interconexiune sau la nealimentarea unui consumator important.

Din această categorie pot face parte: cazanul, ventilatoarele de aer şi gaze, turbina, electropompele din circuitul primar, generatorul, sistemul de excitaţie, transformatorul de servicii proprii, aparatajul de comutaţie primară din celula blocului sau de pe linii importante de interconexiune în sistem, sau de pe linii care alimentează consumatori importanţi, inclusiv echipamentele de protecţie şi automatizare ale acestora etc.

Dacă sunt comandate după proiecte noi, neverificate în practică, sau dacă la echipamentele cumpărate anterior s-a constatat o fiabilitate redusă datorită unor erori de proiectare sau din motive necunoscute, vor fi comandate conform cerinţelor SR EN ISO 9001/1995, care implică urmărirea întregului flux: proiectare, asimilare, fabricaţie, montaj şi service.

b) Echipamentele din categoria anterioară, care se execută după un proiect verificat în practică şi care a demonstrat performanţele solicitate.

Materialele, echipamentele care contribuie la buna funcţionare a elementelor aflate direct pe fluxul energetic şi a căror defectare duce la reducerea puterii produse ori transportate, sau la scăderea siguranţei în alimentarea unor consumatori importanţi.

Din această categorie pot face parte: combustibili, lubrifianţi, uleiuri electroizolante, echipamente din gospodăria de cărbune a centralei, acţionările electrice, pneumatice sau hidraulice, echipamente de pe linii duble de interconexiune sau racorduri ale unor consumatori etc.

Aceste echipamente pot fi comandate conform cerinţelor SR EN ISO 9002/1995, care presupune urmărirea în faza de fabricaţie şi montaj.

c) Alte echipamente din sistem care contribuie la bunul mers al activităţii din centrale şi reţele electrice sau alimentează consumatori mai puţin importanţi.

Echipamente procurate de la furnizori tradiţionali, care au demonstrat seriozitate şi a căror furnitură a corespuns totdeauna cerinţelor, fără să creeze probleme deosebite în funcţionare pe toată durata de viaţă.

Aceste echipamente pot fi comandate conform cerinţelor SR EN ISO 9003/1995, care presupune o selectare a produselor pe baza rezultatelor obţinute la încercările şi testele finale.

d) Produsele ale căror performanţe şi fiabilitate nu contează, defectarea lor neinfluenţând în nici un fel activitatea de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice şi termice, iar costurile legate de înlocuirea lor nu justifică cerinţe suplimentare care ar trebui impuse furnizorului, pot fi achiziţionate fără cerinţe de asigurarea calităţii.

Exagerarea în alegerea standardului de calitate aplicabil este la fel de periculoasă ca şi nefolosirea acestuia, deoarece cheltuielile suplimentare generate nu sunt justificate de creşterile calitative obţinute.

2. Lista furnizorilor agreaţi şi organizarea achiziţiilor

Menţinerea listei furnizorilor agreaţi, condiţie impusă de standardele internaţionale de asigurarea calităţii, permite beneficiarului să întreţină relaţii comerciale numai cu furnizorii serioşi, care respectă în totalitate cerinţele contractuale şi execută produsele sau serviciile solicitate în conformitate cu cerinţele specificate.

Lista furnizorilor agreaţi trebuie actualizată continuu, prin includerea furnizorilor potenţiali care au capabilitatea tehnică necesară pentru realizarea unor produse destinate sistemului energetic şi excluderea acelora care creează anumite probleme în derularea contractelor sau care livrează produse ce nu corespund cerinţelor impuse.

Atestatul emis de RENEL furnizorilor de produse şi servicii nu reprezintă o certificare a sistemului calităţii al acestora în conformitate cu cerinţele standardului european SR EN 45012, ci o confirmare a includerii furnizorului respectiv în lista furnizorilor agreaţi ai RENEL. Această atestare s-a dovedit necesară datorită numărului mare de filiale care efectuează achiziţii în numele RENEL, pentru reducerea numărului mare de om-zile de audit ce trebuie efectuate în scopul includerii furnizorului respectiv în lista furnizorilor agreaţi şi pentru minimizarea costurilor datorate livrării unor produse necorespunzătoare de către un anumit furnizor, până la excluderea acestuia din lista furnizorilor agreaţi. Atestatul respectiv dă posibilitatea furnizorului care îl deţine să participe la o anumită procedură de achiziţie, chiar înainte de a fi difuzată ultima actualizare a listei furnizorilor agreaţi la toate filialele interesate.

RENEL, ca regie autonomă de interes naţional care utilizează bani publici, trebuie să respecte pentru toate achiziţiile efectuate legislaţia în vigoare.

Astfel, achiziţiile de produse şi servicii pentru RENEL pot fi efectuate prin:

- licitaţie publică deschisă;
- licitatie publică restrânsă;
- analiza de oferte;
- achiziţie dintr-o sursă unică.

Prin procedura operaţională cod: PO-04.04. "*Achiziţia de bunuri şi servicii*" se precizează că aprobarea procedurii de achiziţie din surse proprii se va da de către:

- conducătorul unităţii (filialei) achizitoare pentru achiziţia de bunuri care nu sunt de natura activelor corporale (materiale, piese de schimb etc.);
- grupul operaţional coordonator pentru achiziţia de bunuri de natura activelor corporale.

O particularitate reprezintă achiziţia de bunuri şi servicii de valoare mică, definită conform ultimului alineat al articolului 2.8. din HGR 63/94 republicată. Prin procedura operaţională cod: PO-04.05. "*Achiziţia de bunuri şi servicii de mică valoare*" se stabileşte că acestea pot fi achiziţionate prin testarea preţurilor practicate pe piaţă şi întocmirea unei note justificative prin care se propune desemnarea furnizorului.

Această notă va fi supusă aprobării directorului unităţii achizitoare, simplificând astfel la maximum formalităţile de achiziţie.

4. Negocierea preţului produselor/serviciilor achiziţionate din sursă unică

Având în vedere posibilităţile limitate de acces la piaţa mondială şi existenţa unor furnizori unici importanţi de produse şi servicii în România (Electroputere Craiova, UCM Reşiţa, AEM Timişoara, General Turbo etc.), pentru produsele/serviciile la care RENEL este beneficiar principal este necesar ca preţul produselor/serviciilor achiziţionate din sursă unică să fie negociat la nivel RENEL, de către grupul operaţional care are ponderea cea mai mare în cadrul achiziţiilor efectuate.

Nota de negociere încheiată cu furnizorul va fi difuzată la toate filialele subordonate şi la celelalte grupuri operaţionale, astfel încât aceasta să poată sta la baza tuturor achiziţiilor efectuate de către RENEL.

În cadrul negocierii preţului se vor avea în vedere cheltuielile reale efectuate de către furnizor pentru execuţia produsului/serviciului respectiv, împărţite în: materiale, manoperă, importuri etc.

Formula de actualizare a preţului funcţie de evoluţia preţurilor şi tarifelor stabilită prin procedura operaţională cod: PO-04.07. este similară cu cea prevăzută în Ordinul Comun MF-MLPAT nr. 1743/63N/1996.

Pentru produsele/serviciile la care RENEL nu este beneficiar principal, achiziţia se va face la preţul

negociat de furnizori cu beneficiarii principali sau cu unităţile comerciale.

5. Ingineria şi supravegherea calităţii produselor şi serviciilor achiziţionate

Standardele europene de asigurarea calităţii permit accesul/implicarea beneficiarului sau reprezentantului acestuia pe fluxul de fabricaţie al produselor/serviciilor achiziţionate, astfel:

- SR EN ISO 9001/1995 permite accesul în toate fazele: de proiectare, dezvoltare, fabricaţie, montaj şi service;
- SR EN ISO 9002/1995 permite accesul în toate fazele: de fabricaţie, montaj şi service;
- SR EN ISO 9003/1995 permite selecţia produselor achiziţionate dintr-un lot de produse prin probe şi încercări pe produsul final.

Accesul/implicarea beneficiarului pe fluxul de fabricaţie a produselor/serviciilor achiziţionate presupune:

- activităţile de ingineria calităţii (desfăşurate în conformitate cu procedura operaţională cod: PO-04.02), care cuprind:

a) evaluarea capabilităţii tehnice şi financiare a furnizorului;

b) evaluarea planurilor calităţii şi întocmirea planurilor de supraveghere, precum şi evaluarea unor proceduri de control şi de execuţie a proceselor speciale, definitorii pentru calitatea produselor/serviciilor comandate;

c) evaluarea şi avizarea documentaţiei contractuale (contractele şi actele adiţionale) pentru confirmarea includerii corecte a cerinţelor privind asigurarea calităţii;

d) coordonarea tehnică a supraveghetorilor prin verificarea şi confirmarea informaţiilor transmise de supraveghetor către conducerea furnizorului sau a filialei beneficiare;

e) supravegherea funcţionării sistemului calităţii prin participarea la auditurile de certificare, de supraveghere sau prin iniţierea din proprie iniţiativă a unor audituri de proces sau de sistem;

f) participarea la activităţile de certificare/omologare a produselor destinate SEN, ca reprezentant în comisia de omologare, sau prin supravegherea încercărilor de tip;

g) analiza documentelor privind neconformităţile (rapoarte de neconformitate sau cerere de derogare) şi propunerea privind acceptarea sau respingerea produselor care prezintă neconformităţi;.

- supravegherea activităţii de fabricaţie şi montaj în vederea confirmării conformităţii tuturor operaţiilor realizate cu planul de supraveghere şi specificaţiile.

În conformitate cu prevederile procedurilor operaţionale PO-04.02. şi PO-04.03., implicarea beneficiarului pe fluxul de realizare a produselor şi serviciilor achiziţionate poate fi realizată cu personal propriu sau la cerere de către personalul specializat din cadrul GSCI.

Concluzii

Detalierea în caietul de sarcini şi preluarea în contract a tuturor cerinţelor privind identificarea, calitatea şi performanţele produselor/serviciilor ce urmează a fi achiziţionate, permit beneficiarului sau reprezentantului acestuia să se implice pe fluxul de fabricaţie al produselor, asigurându-se astfel de conformitatea acestora cu cerinţele impuse de locul şi rolul pe care îl au în SEN.

Includerea furnizorilor în "Lista furnizorilor agreaţi ai RENEL" confirmă atât capabilitatea tehnică şi financiară a furnizorilor pentru realizarea produselor/serviciilor la nivelul exigenţelor RENEL, cât şi aplicarea în activităţile proprii a unui sistem al calităţii în conformitate cu cerinţele standardelor europene de asigurarea calităţii.

Achiziţia de produse şi servicii în conformitate cu unul din cele trei standarde europene de asigurarea calităţii confirmă că produsele/serviciile respective au un grad de conformitate crescut în raport cu cerinţele şi documentele specificate, ceea ce duce la creşterea fiabilităţii echipamentelor şi instalaţiilor energetice şi a disponibilităţii Sistemului Energetic Naţional.

BIBLIOGRAFIE

[1] Manualul calităţii al RENEL, cod: RENEL-MC-ISO
[2] PSC-04 *Controlul aprovizionării/achiziţiei*
[3] PO-04.01. *Selecţia standardului de calitate aplicabil*
[4] PO-04.02. *Activităţi de ingineria calităţii în aprovizionarea (achiziţia) produselor destinate Sistemului Energetic Naţional*
[5] PO-04.03. *Supravegherea pe flux la furnizor şi la montaj şi punere în funcţiune*
[6] PO-04.04. *Achiziţia de bunuri şi servicii*
[7] PO-04.05. *Achiziţia de bunuri şi servicii de mică valoare*
[8] PO-04.07. *Negocierea preţului produselor/serviciilor achiziţionate dintr-o sursă unică*

ing. ION RENŢEA, ing. MIHAELA TOMESCU

DE PERSONIS

Prof. dr. ing. Cornel BIANCHI
Preşedinte al CNRI

La 1 octombrie 1997 prof. dr. ing. Cornel Bianchi, personalitate marcantă a lumii universitar-ştiinţifice din România, membru al Colegiului de redacţie al revistei Energetica, a împlinit 60 de ani.

Profesorul Cornel Loreto Umberto Bianchi s-a născut la 1 octombrie 1932 în Bucureşti, într-o familie de intelectuali. Absolvent al Liceului "Mihai Viteazul" în 1951, urmează cursurile Facultăţii de Instalaţii din cadrul Institutului de Construcţii Bucureşti (astăzi Universitatea Tehnică de Construcţii Bucureşti), obţinând diploma de inginer, în 1956.

În 1972, susţine, la Institutul Politehnic Timişoara, teza de doctorat intitulată "*Contribuţii la metodele de calcul ale iluminatului artificial, din punct de vedere calitativ şi cantitativ, pentru realizarea microclimatului (mediului) luminos confortabil*", deosebit de apreciată pentru originalitatea sa, obţinând titlul de doctor inginer.

Parcursul său profesional este "clasic" şi definitoriu pentru toate personalităţile afirmate în domeniul ştiinţelor aplicative, îmbinând cu măiestrie componentele acestora: proiectare, execuţie, cercetare şi învăţământ.

Între anii 1956 - 1969 lucrează la Institutul Proiect Bucureşti, în calitate de inginer proiectant, inginer proiectant şef şi şef atelier proiectare pentru iluminat şi instalaţii electrice.

Din anul 1964 devine cadru didactic asociat la Universitatea Tehnică de Construcţii Bucureşti, la catedra de electrotehnică a Facultăţii de Instalaţii. Parcurge treptele ierarhiei universitare de la şef de lucrări (1969 - 1972) la conferenţiar (1973 - 1986) şi profesor (1986 - 1997), devenind, de la 1 octombrie 1997, cel mai tânăr profesor consultant al universităţii sale.

În anul 1992 eforturile prof. Cornel Bianchi sunt încununate de succesul creării primei Catedre de Luminotehnică şi Instalaţii Electrice din România şi din Estul Europei, al cărui şef este până în septembrie 1997.

Activitatea universitară, post-universitară şi extrauniversitară a prof. Cornel Bianchi s-a dezvoltat continuu şi a căpătat un caracter de permanentă actualitate, deoarece de numele lui se leagă contribuţii la realizarea a circa 41 obiective prestigioase, ca: săli de spectacole, săli de sport, Casa Radio, Casa TV, locuinţe, hoteluri, clădiri destinate învăţământului şi industriei, laboratoare, spaţii comerciale, arii utilitare şi deschise.

Are o bogată activitate publicistică. Cele 33 de cursuri, manuale, tratate, cărţi îndrumătoare şi monografii publicate (şase la Editura Didactică şi Pedagogică, şapte la Editura Tehnică, 20 la Universitatea Tehnică de Construcţii Bucureşti) au fost repere reale pentru toţi specialiştii din domeniu.

În planul cercetării ştiinţifice, constribuţia prof. Cornel Bianchi este remarcabilă şi, în mod sintetic, ea poate fi formulată prin teoria mediului (ambientului) luminos confortabil, introdusă în 1972, acceptată de comunitatea ştiinţifică ca premieră mondială şi dezvoltată ulterior. Această dezvoltare a permis definirea unor condiţii şi mărimi de maximă importanţă în proiectarea şi exploatarea corectă a sistemelor de iluminat.

Rezultatele cercetării, prof. Cornel Bianchi au făcut obiectul a numeroase lucrări, comunicate şi prezentate, ca autor unic sau principal, la seminarii ştiinţifice naţionale (76) şi internaţionale (31).

Cea mai recentă realizare a catedrei, pe care a condus-o până de curând, este Centrul de Aplicaţii pentru Sistemele de Iluminat, rod al acordului de cooperare cu firma Philips.

Prof. Cornel Bianchi este preşedinte al Comitetului Naţional Român de Iluminat (din 1990 până în prezent), organism ştiinţific care se mândreşte cu o prestigioasă carte de vizită: conferinţe şi seminarii naţionale de ţinută, expoziţii şi saloane de prezentare a noutăţilor în domeniu, participarea la elaborarea de acte normative şi, nu în ultimul rând, implicarea în activitatea Comitetului Internaţional de Iluminat, unul din organismele ştiinţifice cele mai vechi şi mai prestigioase pe plan mondial, din care prof. Cornel Bianchi face parte ca membru al Biroului de Administraţie.

La cele de mai sus se adaugă calităţile OMULUI: corectitudine şi simţ al echilibrului, generozitate şi devotament, disponibilitate şi eficienţă calităţii care au făcut ca foşti şi actuali studenţi, colegi sau colaboratori să se adune cu plăcere în jurul prof. Cornel Bianchi gata pentru a porni la o nouă "cucerire" în plan didactic, ştiinţific sau tehnic.

Revista ENERGETICA urează prof. Cornel Bianchi un călduros "La mulţi ani!", sănătate şi încă multe satisfacţii!

Preşedintele Colegiului de Redacţie,
dr.ing. Eugeniu PAVEL

DE LA COMITETUL NAŢIONAL ROMÂN AL CIGRÉ

Toamna acestui an a marcat un eveniment tehnico-ştiintific remarcabil: primul Simpozion al CIGRE desfăşurat într-o ţară din Europa Centrală şi de Est. Pentru cititorii care nu sunt familiarizaţi cu activităţile cigreene, trebuie reamintit că în intervalele dintre sesiunile generale tradiţionale ale acestei organizaţii, care se desfăşoară în anii pari la Paris, unde este sediul organizaţiei, au loc în anii impari manifestări cu o tematică limitată, denumite simpozioane, sau acoperind o zonă geografică limitată, denumite reuniuni regionale. Pe tot parcursul existenţei CIGRÉ, până în acest an nu au avut loc în ţările Europei Centrale şi de Est simpozioane sau reuniuni regionale. Doar în 1991 era să aiba loc un simpozion la Leningrad, dar a intervenit dezmembrarea URSS, iar simpozionul a fost transferat în Berlinul Occidental.

Încă din anul 1990, după o eclipsă de cinci ani în care CNR-CIGRÉ a încetat să mai fie recunoscut, Comitetul nostru şi-a propus să fie cel care să "spargă gheaţa". Primul pas a fost făcut în 1993, când, la reuniunea Comitetului Internaţional de Studii CS 37 al CIGRÉ, semnatarul acestor rânduri, membru titular al CS 37, a lansat invitaţia ca reuniunea Comitetului din următorul an impar (1995) să aibă loc în România. În acel an, însă, a fost organizat un simpozion CIGRÉ la Tokyo şi comitetele CS 37 şi CS 38,care erau organizatoare de bază ale simpozionului, au fost invitate să-şi ţină reuniunile anuale tot la Tokyo, înaintea simpozionului. Forţat de împrejurări, a trebuit să reportez cu doi ani reuniunea anuală a CS 37 în România, militând, în subsidiar, luând exemplul japonez, şi pentru un simpozion în România, posterior reuniunii.

Mai mult chiar, am lansat preşedintelui CS 38 J. Falck Christensen, invitaţia de a-şi ţine şi dânsul reuniunea anuală în 1997 în România, concomitent cu comitetul nostru CS 37, în felul acesta sperând să măresc şansele realizării premierei la care aspiram: un simpozion CIGRÉ pentru întâia oara în "East - Central - Europe".

Din păcate am fost refuzat, întrucât CS 38 se unise cu CS 39 pentru a-şi ţine reuniunile concomitent în Belgia, urmând a se muta imediat în continuare în Franţa, la Tours, unde era preconizat un alt simpozion, cu o tematică foarte atractivă: "*Deschiderea pieţelor energiei electrice*". În ciuda acestei concurenţe, am reuşit să obţin din partea Consiliului de administraţie al CIGRÉ din anul 1995 decizia ca în 1997 să se ţină ambele simpozioane: atât cel de la Tours, în iunie, cât şi cel de la Neptun, în septembrie.

Au început pregătirile în condiţii dificile. Neptun era pe locul doi şi ca perioadă şi ca atractivitate. Şi exact cu mai puţin de un an până la data la care era fixat "SYNEP '97" (siglă inventată de subsemnatul şi însuşită de Biroul Central al CIGRÉ), preşedintele CIGRÉ, Michel Chamia, a cerut ca simpozionul "nostru" să fie mutat la ... New Delhi, unde tot în septembrie 1997, dar cu o săptămână mai devreme, era programată o reuniune regională şi şedinţa Consiliului de administraţie. Deşi într-o luptă inegală, dar având avantajul de a putea demonstra că mutarea era şi vexantă pentru CNR-CIGRÉ şi neagreată de CN Indian pe care îl încurca, am reuşit să conving pe preşedinte să lase "SYNEP'97" să-şi justifice sigla şi să se desfăşoare la Neptun. Şi se pare că, în final, decizia a fost înţeleaptă, mărturie fiind, nu cuvintele de apreciere de la faţa locului, care au totdeauna un caracter mai mult sau mai puţin convenţional, ci numeroasele scrisori "post-factum", primite de la mulţi participanţi străini, după întoarcerea la casele lor; Aceştia au fost plăcut surprinşi, atât de conţinutul tehnic al rapoartelor şi discuţiilor stimulate de climatul post-estival euxin, dar şi de România şi de români în special, pe care mulţi îi descopereau pentru întâia oară.

dr. ing. Călin Mihăileanu
preşedintele CNR-CIGRE
preşedintele "SYNEP'97"

SYNEP '97

Organizat de către CIGRE prin Comitetul Naţional Român al organizaţiei şi GSCI - RENEL, împreună cu Comitetele Internaţionale de Studii CIGRÉ nr. 37 (coordonator), 39, 38, 11, 34 şi 35 şi cu participarea logistică esenţială a RENEL - GSCI, simpozionul s-a bucurat de prezenţa unor specialişti de marcă din România şi din 30 de ţări din Europa, America, Asia şi Africa, factori de decizie şi autorităţi recunoscute în domeniu.

O menţiune specială trebuie făcută pentru sponsorii simpozionului: RENEL, GSCI, GTDEE, GPEET, ABB România, cărora li se cuvin calde mulţumiri şi pe această cale.

O mini expoziţie, care a reunit nouă firme, a contribuit la succesul simpozionului CIGRÉ.

Comitetul internaţional de organizare a fost compus din:

Preşedinte: G. Manzoni (Italia) ex-preşedinte al CS 37 - membru al CA-CIGRE

Secretar : J. Michel (Belgia) - membru CS 37

Membri : M. Herouard (Franţa) - preşedinte al CS 11
W.J. Cheetham (Anglia) - ex-preşedinte al CS 34
G. Vincent (Australia) - ex-preşedinte al CS 35
F. Meslier (Franţa) - preşedinte al CS 37
J. F. Christensen (Danemarca)- preşedinte al CS 38
J. F. Waha (Belgia)-preşedinte al CS 39

În cadrul ceremoniei de deschidere a Simpozionului s-au prezentat patru rapoarte speciale:

- Călin Popescu Tăriceanu - Ministru de Stat, Ministrul Industriei şi Comerţului - "*Problematica energeticii în ţările în tranziţie. Cazul României*".
- Henri Persoz - (UNIPEDE) - "*Interconexiuni internaţionale în anul 2000*".
- Nilsson - (IEA) - "*DSM - Factor de echilibru energetic*".
- Karl Stahlkopf - (EPRI) - "*Companiile de electricitate din SUA: o industrie în schimbare*".

În cadrul a trei secţii, simpozionul a analizat tehnologiile disponibile pentru DSM, conservarea şi producerea distribuită a energiei, abordând caracteristicile lor tehnico-economice, experienţele practice, programele strategice.

O atenţie deosebită s-a acordat impactului acestor opţiuni asupra planificării şi exploatării sistemului electroenergetic, ca şi asupra aplicabilităţii IRP, încercându-se identificarea a noi strategii şi oportunităţi de afaceri pentru companiile furnizoare de electricitate.

Secţia I. Planificarea Integrată a Resurselor (IRP)

Preşedinte: J. Falck Christensen (Danemarca) - preşedinte al CS 38 CIGRE

Raportor special: Paul Smith (Irlanda)

Secretar tehnic: Marius Harşa (România)

Rapoarte prezentate:

- ***100 - 01 Competition and coordination of electricity with other energy sources (to customers) for market shares and capital funds, security of the energy supply in the long term. Environmental considerations. Advantages and problems of combined heat and power generations (CHP)*** - M.K.GUPTA (India)
- ***100 - 02 Dutch IRP cooperation results in cost-effective approach*** - J.VAN DEN BERG, M. WELLING (The Netherlands)
- ***100 - 03 Integrated Resource Planning in the energy sector : Polish Experience*** - R. S. JANICZEK (Poland)
- ***100 - 04 IRP in Croatia and its influence on power system*** - A. JELCIC, D.PESUT (Croaţia)
- ***100 - 05 Planification Integree des Ressources et developpement des reseaux*** - B. MEYER, M. RIBIERE, C.FAUST, M.SCHNEIDER, J. VERSEILLE, P. PEYROCHE, J.M.TESSERON (France)
- ***100 - 06 IRP - Experience of method development, legislation and implementation*** - P.F. BACH (Danemarca)
- ***100 - 07 Electricity IRP and its relevance in different business environments - J.*** MICHEL din partea WG 37.11
- ***100 - 08 Coordination requirements for multiple decision- makers ir the transmission access environment*** - Y. TSUKAMOTO, H.ASANO, H. SUZUKI (Japonia)
- ***100 - 09 Least cost supply study provides relevant information for the evaluation of demand side activities*** - D. PENCEA, G. POPESCU, A. VLĂDESCU (România) , T.VAN BIERT, N. HALBERG, E. PELGRUM (Olanda) Y. BOUFFIOULX, F.LINARD de GUERTECHIN (Belgia), R.A. BABB (USA)
- ***100 -10 Towards an IRP oriented energy utility ?*** J. CONSTANTINESCU, C. ŢÂNŢĂREANU, AL. FLORESCU (România)

Concluziile secţiei I:

Planificarea integrată a resurselor (IRP) reprezintă o analiză a problemei asigurării echilibrului între energia consumată şi cea produsă, analiză care ia în considerare toate variantele posibile şi toţi factorii relevanţi pentru acest proces. IRP ia în considerare atât opţiunile clasice (ce implică investiţii în construirea de noi grupuri, linii etc.), cât şi soluţii de management al consumului, de eficientizare a consumului energetic, soluţii ce evită noi investiţii. Totodată, în această analiză se are în vedere impactul tuturor variantelor asupra mediului.

Criteriul tradiţional de optimizare a dezvoltării sistemului energetic îl constituie minimizarea costului energiei produse în condiţiile asigurării consumului. Implementarea strategiei IRP conduce la modificarea funcţiei obiectiv a cărei minimizare se urmăreşte. Dacă luăm în considerare externalităţile, cum ar fi efectul asupra mediului, am putea considera că obiectivul este optimizarea efectului variantei alese asupra societăţii în ansamblu. Introducerea măsurilor DSM duce la o eficientizare a consumurilor energetice, ceea ce la prima vedere pare să satisfacă numai interesele consumatorilor, dar trebuie avut în vedere faptul că uneori măsurile DSM sunt impuse de considerente tehnologice ca fiind soluţiile optime.

Planificarea integrată a resurselor trebuie realizată pe ansamblul sistemului energetic, implicând toate sursele energetice, toate lanţurile de transformare

a energiei şi trebuie să ţină cont de prognozele consumului şi ale rezervelor energetice.

Rapoartele prezentate pot fi grupate în următoarele categorii:

a) rapoarte care tratează planificarea energetică, din diferite ţări, luând în considerare externalităţile (100-01, 100-03, 100-04, 100-10);

b) rapoarte care prezintă aplicaţii ale planificării integrate a resurselor pentru evaluarea soluţiilor, atât pe partea de producţie, cât şi pe partea consumului energiei (100-02, 100-07, 100-09);

c) raportul 100-07, care prezintă o recenzie a unui material al Grupului de lucru CIGRE 37-11 privind planificarea integrată a resurselor în domeniul electricităţii şi impactul asupra noilor medii de afaceri;

d) raportul 100-05, care tratează planificarea integrată a resurselor, abordând problema dezvoltării reţelelor de distribuţie;

e) raportul 100-08, care tratează problema unor noi servicii şi mecanisme impuse de schimbările instituţionale din sectorul electric, cu particularizarea cazului pierderilor la transport.

Comentarii, întrebări şi răspunsuri

Probleme principale:

1) Rolul planificării integrate a resurselor

S-a evidenţiat aparenta contradicţie dintre planificarea integrată a resurselor (care implică un management centralizat al tuturor factorilor implicaţi) şi tendinţa actuală, din cadrul unei economii de piaţă, de dezintegrare a producţiei, transportului şi distribuţiei energiei. Planificarea integrată a resurselor poate conduce la beneficii pentru toate părţile implicate.

Intervenţii: H. SUZUKI - Japonia
R. S. JANICZEK - Polonia
M. K. GUPTA - India
L. NOYES - SUA

2) Obiectivele planificării integrate a resurselor

S-a demonstrat faptul că planificarea integrată a resurselor trebuie să urmărească implementarea obiectivelor politicilor energetice. Obiectivele politicilor energetice pot fi conflictuale. Astfel: măsurile de protecţie a mediului conduc la creşterea costurilor, asigurarea unei diversităţi de surse energetice conduce la creşterea emisiilor de noxe, considerente economice ar impune o dependenţă majoră faţă de un singur combustibil. S-a discutat o metodologie de planificare integrată a resurselor, care să îmbine toate aceste obiective conflictuale într-o singură funcţie obiectiv.

Totodată, s-a evidenţiat faptul că implementarea obiectivelor unei politici energetice unitare într-o economie de piaţă este dificilă, datorită descentralizării pieţei şi a intereselor diferite ale companiilor implicate (producţie, transport, distribuţie).

Intervenţii: J. VAN DER BERG - Olanda
J. MICHEL - Belgia
H. SUZUKI - Japonia
C. ŢÂNŢĂREANU - România

3) Metodologii de decizie

S-a subliniat complexitatea factorilor şi volumul mare de date care influenţează planificarea integrată a resurselor, evidenţiindu-se metodologii de decizie care să permită analiza acestor date.

Intervenţii: E. O'DWYER - Irlanda
N. HALBERG - Olanda

4) Implementarea planificării integrate a resurselor

S-a evidenţiat faptul că implementarea măsurilor DSM a condus, în general, la rezultatele prognozate, dovedindu-se o soluţie competitivă faţă de soluţiile tradiţionale (construirea de noi capacităţi).

Intervenţii: H. ASANO - Japonia
D. PESUT - Croaţia

5) Planificarea integrată a resurselor în domeniul transportului şi distribuţiei energiei electrice

Măsurile DSM sau instalarea de generatoare locale constituie o soluţie alternativă ce evită construirea de noi reţele de transport şi distribuţie a energiei electrice. Au fost prezentate rezultatele obţinute de către EDF.

Intervenţii: M. SCHNEIDER - Franţa

6) Noi servicii

Sunt analizate modalităţile prin care este asigurat consumul de energie în reţele radiale. Măsurile DSM şi instalarea de noi generatoare locale în reţele radiale conduc la evitarea construirii de noi linii, la pierderile de energie din reţelele de transport şi distribuţie, asigurând totodată necesarul local de energie.

Intervenţii: EA KUON - Franţa

Secţia a II-a. Conducerea Sarcinii la Consumator - DSM

Preşedinte - Francois Meslier (Franţa) - preşedinte al CS 37 CIGRE
Raportor special - Kresimir Bakic (Slovenia)
Secretariat tehnic - Cr. Popescu & Al. Săndulescu (România)

Rapoarte prezentate

Subsecţia 2.1.

- ***210 -01 DSM efficient lighting "case study of an administrative building"***, M.EL GAZZAR, H. ALNAKEEB, M.EMAM (Egipt)
- ***210-02 The promotion of DSM in China*** - LEE CHANG-YU, ZENG MING, CHEN XIAO-JIE (China)
- ***210-03 IRP Benelux study about energy efficient lightning in the tertiary sector - J.M.VANDEN BERG*** (Olanda)

- ***210-04 DSM Thailand*** - N. SALISDISOUK (Thailanda)
- ***210-05 Contribution from end-users to permit increased utilisation of the transmission system in Norway*** - I.GLENDE, S.FISMEN, K.H. JOHANSEN, I.H. VOGNILD (Norvegia)
- ***210-06 Future DSM serves sustainability*** - H. NILSSON (Suedia)

Subsecţia 2.2.

- ***220-01 Optimal dynamic load shedding policy for generation load imbalances including voltage and frerquency characterisdtics of loads*** M.EL ARINI (Kuweit)
- ***220-02 New demand side technologiews and their impacts on power system planning*** - K. TAKAHASHI din partea WG 37.17
- ***220-03 Load management in Japonia distribution systems*** - M.A. GOLKAR (Iran)
- ***220-04 About special protection as part of the national electrical energy system*** - P.TUŞALIU, V. TUŞALIU (România)
- ***220-06 Concilier maitrise de la demande d'electricite (MDE) et qualite de la tension : l'exemple de developpement des produits electrodomestiques*** - S. GOSSWILLER, O.LECLERC (Franţa)

Concluziile secţiei II:

Lucrările secţiei II, Demand Side Management, s-au desfăşurat în cadrul a două subsecţii:

- 2.1. DSM Generalităţi
- 2.2. Tehnologii pentru DSM şi probleme de reţea

Subsecţia 2.1. DSM Generalităţi

La subsecţia 2.1. cuvântul introductiv a fost rostit de Jean Michel (Electrabel).

Au fost formulate patru întrebări pentru această subsecţie în raportul special şi s-au înscris la cuvânt cinci vorbitori ce au abordat subiectele primelor două întrebări:

- Kazuhiro Takahashi (CRIEPI) - întrebarea 1;
- Rudolf Derks (Derks Energy Consultancy) - întrebările 1 şi 2;
- Patrick Pruvot (EDF DER) - întrebarea 2;
- Harold Inge Vognild (Statnett SF) - întrebarea 2;
- Jan van den Berg (SEP Dutch Electricity Generation Board) -întrebarea 2.

Pentru întrebările privind forţele conducătoare ale acţiunilor DSM (nr. 3) şi estimarea costurilor evitate în capacităţi de producţie, transport şi distribuţie prin implementarea de proiecte DSM (nr. 4) nu s-au înscris vorbitori.

La discuţie au mai participat:

- Daniel d'Hoop (Franţa);
- Hiroshi Suzuki (Japonia);
- Nelson de Franco (SUA)

În cuvântul lor, aceşti vorbitori au căutat să clarifice conceptul de DSM, în discuţie fiind mai multe formulări. Totodată s-au discutat definiţii pentru IRP şi LCP, plecând de la conceptul DSM.

Jan van der Berg a adus amănunte suplimentare privind raportul său 210-03, ce vizează extinderea experienţei Belgiei în domeniu şi la celelalte două ţări din Benelux.

Tot o serie de clarificări a formulat şi Harold Inge Vognild privind implementarea de programe şi acţiuni DSM în Norvegia.

Subsecţia 2.2. Tehnologii pentru DSM şi probleme de reţea

La subsecţia 2.2. cuvântul introductiv a fost rostit de Kazuhiro Takahashi (CRIEPI).

În raportul special s-au formulat trei întrebări pentru această subsecţie şi s-au înscris la cuvânt trei vorbitori, ce au abordat subiectele întrebărilor 5 şi 7:

- Kazuhiro Takahashi (CRIEPI) - întrebarea 5;
- Peter Dondi (ABB Network) - întrebarea 5;
- Rudolf Derks (Derks Energy Consultancy) - întrebările 5 şi 7.

Nu s-au înscris vorbitori pentru întrebarea nr. 6 privind influenţa problemelor ridicate de diversele tehnologii DSM cu aplicabilitate casnică (tehnologii ce, pe de o parte, necesită o calitate superioară a energiei şi, pe de altă parte, produc o scădere a calităţii acesteia (fluctuaţii, armonici etc.) în limitarea extinderii programelor DSM.

La discuţii au mai participat:

- Raymond Maliszewsky (American Electric Power);
- Arnot Hepburn (ESKOM South Africa);
- Călin Mihăileanu (UPB România).

Prin întrebarea nr. 5 s-au cerut clarificări de la autorii raportului 220-02, ce contine un studiu efectuat de WG 37.17 privind noile tehnologii DSM şi impactul lor asupra dezvoltării sistemelor. Răspunsul a fost dat de dl. Kazuhiro Takahashi, care a detaliat impactul celor 18 tehnologii DSM analizate asupra a patru zone de interes: Energy Demand, Load Dynamics, Load Curves şi Power Waveform (prin prezentarea a două slide-uri suplimentare). Totodată, vorbitorul a explicat obiectiveleWG 37.17 şi modul de lucru al acestuia. O altă zonă ce a fost detaliată a fost cea a concluziilor studiului, prezentate pe slide-uri într-o formă mai sintetică decât în lucrarea tiparită în Proceedings. Vorbitorul a furnizat informaţii privind unele proiecte DSM din Japonia şi anume testele experimentale privind sistemul de control centralizat al sarcinii din oraşul Kagoshima (1986 - 1993, prin control direct) şi din oraşul Fukuoka (1994 - 1998, prin control indirect). În încheiere, dl. Takahashi lansează o întrebare pentru viitor: "Should power companies and their

telecommunication companies launch into new business fields for the future DSM and power information services?"

În cuvântul său, dl. Peter Dondi a prezentat tehnologiile de comunicaţii ale ABB utilizabile în proiecte DSM. Plecând de la contoarele inteligente Alpha şi echipamentele RTU ABB, utilizând în combinaţie medii diverse de comunicaţii (DLC, UHF/VHF radio, telefon, CATV, satelit) se pot realiza sisteme complexe SCADA, inclusiv funcţii DA, AMR, LC.

Dl. Rudolf Derks a prezentat programul DSM al IEA şi a detaliat obiectivul "Task II: Communication Technologies for DSM". Durata de realizare a Task II este de 3 ani (până în 1988). Ca obiectiv, se urmăreşte găsirea celor mai bune opţiuni privind tehnologiile de comunicaţie pentru acţiuni DSM, în ţările participante. Agentul operant este EA Technology LTD UK (dl. Richard Formby). Obiectivul este împărţit în patru subtask-uri:

- Assessment of communications requirements for different classes of utility customers;
- Assessment of communications technology options in various DSM program contexts;
- Assessment of means for international harmonisation of communications technology standards;
- Assessment of priorities for research, development and demonstration of DSM-related communications technologies.

Cuvintele de încheiere s-au remarcat printr-o notă de optimism privind viitorul acţiunilor de promovare şi extindere a DSM. Totodată, s-a remarcat impactul major al tehnologiilor de telecomunicaţii asupra tehnologiilor utilizate în proiectele DSM.

Secţia a III-a. Producerea distribuită de energie electrică

Rapoartele prezentate în cadrul secţiei III

- ***300-01 Decomposition technique for optimum operating strategies for large distribution networks*** - I.GUPTA, H.O. GUPTA, M.K.VASANTHA (India)
- ***300-02 Self-tuning coordinated control of frequency and voltage of wind-diesel power generation systems*** - MAIRAJ-UD-DIN MUFTI, R. BALASUBRAMIAN, S.C. TRIPATHY (India)
- ***300-03 Influence of dispersed generation on networks reliability*** - A. DAVRIU, M.SCHNEIDER (Franţa), G. Daniels, J. TZCHOPPE (Germania)
- ***300-04 Expert system for optimising the profduction and stockage of hydroelectric power generation*** - P. UNGUREANU, L. CIPCIGAN (romania)
- ***300-05 Ancillary services : how to allocate costs in an optimisation-based framework*** - X. VIEIRA FILHO, S.GRANVILLE, B.G. GORENSTIN, J.C.O. MELLO, A.C.G. MELO, M.V.F. PEREIRA (Brazilia)
- ***300-06 Impact of increasing wind generation on the transmission system in the Trepublic of Ireland*** - P.SMITH (Oirlanda), H.K. CLARK (USA)
- ***300-07 Multi-attribute evaluation of distributed generators in deregulated power system*** - R.. YOKOYAMA, H. ASANO, K. OKADA (Japonia), T. NIIMURA (Canada)
- ***300-08 Protection of distributed generation current practice*** - G.ZIEGLER din partea SC 34
- ***300-09 Wind Power in the Danish power system*** - J/F/ CHRISTENSEN, S. PEDERSEN, H. PARBO, A.GRUELUND SORENSEN, J.TOFTING (Danemarca)
- ***300-10 Stockage d'energie dans les postes sources :methodologie et premiers resultats*** - C.. LEVILLAIN, S.LAURENT, A.DAVRIU, P.G. THEROND (Franţa)
- ***300-11 Dispersed CHP units in the Danish power system*** - P.JORGENSEN, A. GRUELUND SORENSEN, J.F. CHRISTENSEN, P. HIERAGER (Danemarca)
- ***300-12 Issues, impacts and strategies fore distributed generation challenged power systems*** - A.J.Petrella (Canada)
- ***300-13 Dymamic security assessment in competitive environment : analysis tools and security criterias*** - G. CASTELLANO, P. SCARPELLINI, S.S. VASCELLARI (Italia)
- ***300-14 Consequences of high wind power penetration in large autonomous power systems*** - N.D.HATZIARGYRIOU, M.P. PAPADOPOULOS (Grecia), M. SCUTARIU, M. EREMIA (România)

Preşedinte - J. Waha (Belgia)
Raportor general - A Schweer (Germania)
Secretar tehnic - Al. M. Pomârleanu (România)

Concluzii

Prin producţia descentralizată a energiei electrice se înţeleg acele surse, de obicei mai mici decât 50-100 MW, uzual conectate la reţeaua de distribuţie şi care nu pot fi supuse planificării centralizate şi comenzii permanente prin dispecer.

Este vorba, în principal, de centrale eoliene, mici hidrocentrale, centrale în cogenerare, mici turbine cu gaze, pile de combustie, surse fotovoltaice etc.

Simpozionul a trecut în revistă tehnologiile disponibile în materie de producţie descentralizată, acordând o atenţie deosebită opţiunilor şi impactului asupra planificării şi exploatării reţelelor cu asemenea surse.

Cele 15 rapoarte au tratat:

- sistemul de generare (planificarea şi exploatarea, programarea sarcinii, optimizarea rezervei

turnante în condiţiile unui grad ridicat de incertitudine);

- sistemul de transport (comportare dinamică, circulaţii de puteri, planificarea dezvoltării);
- sistemul de distribuţie (planificare şi exploatare, calitatea tensiunilor, protecţii, fiabilitate);
- calitatea energiei la consumatori;
- caracteristicile generatoarelor cu producţie descentralizată - generatoare spaţial distribuite (comportarea în exploatare, situaţii particulare).

La discuţii au răspuns celor şase întrebări formulate de raportorul special, domnul A. Schweer, 15 participanţi printre care: A.C.G. Melo (Brazilia), P. Scarpellini (Italia), N.D. Hatziargyriou (Grecia), M. Scutariu (România), J. Naver (Danemarca), I. Gupta (India), A. G. Sorensen (Danemarca).

Principalele subiecte dezbătute s-au referit la :

- evaluarea multiatribut a generatoarelor distribuite în sisteme energetice descentralizate;
- sisteme expert pentru optimizarea producţiei şi stocării energiei cu ajutorul centralelor hidroelectrice;
- mijloace de analiză ale criteriilor de siguranţă;
- tratarea siguranţei dinamice în medii competitive;
- consecinţele penetrării centralelor eoliene în sistemele energetice autonome;
- impactul creşterii ponderii centralelor eoliene asupra sistemelor de transport;
- influenţa producţiei descentralizate (generatoare distribuite) asupra fiabilităţii reţelelor de distribuţie;
- metodologii pentru stocarea energiei producţiei descentralizate;
- reglajul frecvenţei şi tensiunilor în reţele cu volum mare de centrale eoliene.

Finalul SYNEP '97 l-a constituit o masă rotundă ce avea să reprezinte o sinteză a Simpozionului şi să ţină loc de concluzii.

Moderatorul mesei rotunde a fost Giancarlo Manzoni, care a grupat oratorii speciali de la ceremonia de deschidere: Henri Persoz, Rudolf Derks si Mark Lauby - la care a fost asociat profesorul Aureliu Leca, invitat special, şi preşedinţii celor trei secţii ale Simpozionului: Francois Meslier, J. Falck Christensen şi Jean Pierre Waha.

Pentru desfăşurarea mesei rotunde G. Manzoni a lansat câte trei întrebări pentru tematica fiecăreia dintre cele trei secţii. Schema gândită îşi propunea viziunea IRP, DSM şi DG din trei direcţii: cea a guvernelor , cea a companiilor şi cea a clienţilor.

Contextele sugerate a fi avute în vedere au fost:

- mediu de afaceri dereglementat;
- orientarea companiilor către "business" pentru a avea o folosire profitabilă a capitalului social ;
- diseminarea către clienţi a serviciilor oferite de companii pentru creşterea eficienţei energiei la consumatori, în primul rând, dar cu luarea în considerare a specificităţilor diferitelor categorii de consumatori.

În cadrul mesei rotunde a fost creat spaţiul necesar pentru a permite invitatului special, profesorul Aureliu Leca, să facă o expunere, solicitată de numeroşi participanţi străini, a gândirii actuale pentru reforma şi restructurarea RENEL. Expunerea a fost urmărită cu viu interes şi apreciată ca o completare a evocării mai fruste a problemei în raportul special, cu tematică mai amplă, al domnului ministru Călin Popescu Tăriceanu.

ELLA RATCU
SMR RENEL - ICEMENERG

CUPRINSUL GENERAL AL REVISTEI ENERGETICA PE ANUL 1997

EDITORIALE

1. Constantin Bunescu, Lia Bejuscu: Masa rotundă "Teoria reţelelor. Concepte noi", nr. 1, p. 3
2. Vasile Rugină: Masa rotundă: "Creşterea eficienţei de utilizare a energiei electrice şi termice. Tehnologii electrice de utilizare a energiei" nr. 2, p. 51 (număr special "Creşterea eficienţei de utilizare a energiei electrice şi termice. Tehnologii electrice de utilizare a energiei")
3. Mircea Eremia: Masa rotundă "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente" nr. 5-6, p. 203 (număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente")
4. x x x Simpozionul " Politica energiei electrice din România: monopol, competiţie, privatizare" nr. 7, p. 299
5. Eugeniu Pavel, Editorial, nr. 9, p. 403

I. ORIENTĂRI ÎN ENERGETICĂ

1. Vasile Rugină: Servicii de transport într-un sistem electroenergetic restructurat, nr. 3, p. 99
2. Eugen Stan, Irina Dicieanu: Utilizarea certificării de conformitate a echipamentelor specifice domeniului energetic, nr. 3, p. 102
3. Aureliu Leca: Reforma sectorului energiei electrice în România, nr. 5-6, p. 195 (număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente")
4. Sorin Dimitriu: Unele consideraţii privind politica de reformă în sectorul energiei, nr. 7, p. 301
5. Aureliu Leca: Sectorul energetic în România: realităţi şi perspective, nr. 7, p. 307
6. Neculai Liciu: Priorităţi de reglementare în industria energiei electrice şi termice în contextul românesc şi al politicii Uniunii Europene, nr. 7, p. 313
7. Walter Patterson, Michael Grubb: Liberalizarea pieţei europene a electricităţii: impactul asupra producerii electricităţii şi asupra mediului, nr. 7, p. 322
8. Virgil Muşatescu: Oportunităţi de competiţie, dezvoltare şi afaceri în sectorul energiei electrice. Rolul producătorilor independenţi de energie, nr. 7, p. 329
9. Victor Romert: Politici posibile de reformă a sectorului energiei electrice, nr. 7, p. 336
10. Roberto Figueredo: Opţiuni de restructurare a sectorului energetic românesc, nr. 7, p. 430
11. Jean Constantinescu: Zonele de competiţie şi de serviciu public în industria energiei electrice. Rolul esenţial al reţelei electrice în organizarea pieţei energiei, nr. 7, p. 341
12. Ioan Conecini: Politica preţului energiei electrice, sursele dezvoltării şi armonizarea deosebirilor de interese între furnizor şi consumator, nr. 7, p. 347
13. Virgil Muşatescu: Câteva consideraţii asupra consecinţelor adoptării directivei electricităţii din Uniunea Europeană, nr. 8, p. 355
14. Laurenţiu Miron Goia: Noi aspecte privind soluţiile de tratare a neutrului reţelelor de medie tensiune, nr. 12, p. 544

II. ENERGETICA ÎN UNITĂŢI ECONOMICE

1. Steven Fawkes: Managementul energetic pentru întreprinderi şi importanţa managerilor energetici, nr. 2, p. 52 (număr special: "Creşterea eficienţei de utilizare a energiei electrice şi termice. Tehnologii electrice de utilizare a energiei")
2. Ştefan Marin, Doina Hotopeleanu, Georgeta Neagoe: Evaluarea potenţialului de conservare a energiei în cazul marilor consumatori industriali. Posibilităţi de valorificare, nr. 2, p. 64 (număr special: "Creşterea eficienţei de utilizare a energiei electrice şi termice. Tehnologii electrice de utilizare a energiei")
3. Georgeta Stănciulescu, Ana Scheuşan, Bogdan Achim, Ion Ifrim: Bariere în creşterea eficienţei energetice şi soluţii posibile de eliminare, nr. 3, p. 105
4. Camelia Burlacu, Mihaela Guşă: Soluţii de iluminat public eficient în Deva, România, nr. 3, p. 130
5. Dan Moroldo: Corecţia valorii componentei directe a iluminării la nivelul planului de referinţă - o necesitate a sistemelor de iluminat interior flexibile, nr. 3, p. 133

III. DEZVOLTAREA SISTEMELOR ELECTRO-ENERGETICE

1. Maria Tudose, Sorin Pătrăşcoiu, Lia Bejuscu, Mugur Arald Tudose: Metodă hibridă de evaluare a stabilităţii tranzitorii la prima oscilaţie în cazul scurtcircuitelor trifazate la barele de înaltă tensiune ale centralelor electrice, nr. 1, p. 9 (număr special "Teoria reţelelor. Concepte noi")
2. Sebastian Ionescu, Ştefania Velicu, Maria Botgros, Veronica Tetelbaum, Octavian Gheorghe, Bogdan Minteanschi: Modelarea sistemelor de compensare statică a puterii reactive în programele de calcul al stabilităţii la mici perturbaţii şi al stabilităţii tranzitorii, nr.1, p.16 (număr special "Teoria reţelelor. Concepte noi")
3. Theodor Miclescu, Jean Constantinescu, Gabriel Bazacliu, Virgil Dumbravă: Un caz de aplicare a programării dinamice: dezvoltarea reţelei sistemului electroenergetic, nr. 1, p. 38 (număr special "Teoria reţelelor. Concepte noi")
4. Rafael Mihalič: Un aspect al comparaţiei eficacităţii compensării var paralel şi serie, asupra îmbunătăţirii stabilităţii tranzitorii (articol bilingv), nr. 5-6, p. 222

(număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente")

5. Călin Mihăileanu: Liberalizarea, dereglemen-tarea, dezintegrarea instituţională nu afectează fiabilitatea sistemelor electrice? Rolul FACTS, nr. 5-6, p. 230 (număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente")

6. Rafael Mihalič: Controlul circulaţiei de puteri în sisteme electrice buclate folosind dispozitive FACTS (articol bilingv), nr. 5-6, p. 232 (număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente")

7. Rafael Mihalič: Impactul dispozitivelor FACTS asupra amortizării oscilaţiilor de putere în sistemul de transport la distanţă (articol bilingv), nr. 8, p. 362

IV. CONDUCEREA ŞI AUTOMATICA SISTEMELOR ELECTROENERGETICE

1. Sebastian Ionescu, Gheorghe Moraite, Ştefania Velicu, Maria Botgros, Octavian Gheorghe, Bogdan Minteanschi, Mioara Gheorghe: Metodă pentru determinarea capacităţii maxime de transport a reţelei SEN, nr. 1, p. 4 (număr special "Teoria reţelelor. Concepte noi")

2. Pomârleanu Marius, Lia Bejuscu: Stabilirea domeniului necesar de observabilitate pentru reţeaua externă în vederea alegerii structurii sistemului informaţional de dispecer, nr. 1, p. 27 (număr special "Teoria reţelelor. Concepte noi")

3. Carmen Golovanov, Tudor Antohi, Gheorghe Lupşa: Sisteme AMR (Automatic Meter Reading): prelevarea automată şi procesarea datelor de gestiune a puterii şi energiei electrice, nr. 2, p. 74 (număr special "Creşterea eficienţei de utilizare a energiei electrice şi termice. Tehnologii electrice de utilizare a energiei")

4. Teodor Poiată, Gheorghe Cîrţînă: Conside-raţii privind metodologia de evaluare a eficienţei folosirii turaţiei variabile în acţionările instalaţiilor de pompe şi compresoare, nr. 2, p. 84 (număr special "Creşterea eficienţei de utilizare a energiei electrice şi termice. Tehnologii electrice de utilizare a energiei")

5. Sorin Pătrăşcoiu: Abordări noi în calculul regimurilor tranzitorii şi dinamice, nr. 3, p. 123

6. Ion Fătu, Gheorghe Lăzăroiu: Sisteme de conducere prin calculator a centralelor electrice, nr. 4, p. 159

7. Mircea Eremia, Cătălin Dumitriu, Constantin Bulac, Ion Triştiu: Dispozitive FACTS. Concepte şi aplicaţii în sistemele electroenergetice, nr. 5-6, p. 204 (număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente")

8. Narain G. Hingorani: Revoluţia în domeniul electronicii de putere cu accent pe noile aplicaţii ale dispozitivelor FACTS şi Custom Power (articol în limba engleză), nr. 5-6, p. 215 (număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente")

9. Constantin Bulac, Mircea Eremia, Cătălin Dumitriu, Ion Triştiu: Influenţa compensatorului static - SVC asupra stabilităţii de tensiune a sistemelor interconectate în asincron printr-o legătură CCIT, nr. 5-6, p. 241 (număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente")

10. Cornel Aldea, Cristina Popescu: Modelarea compensatoarelor statice pentru simularea performanţelor dinamice, nr. 5-6, p. 247 (număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente")

11. Rafael Mihalič: Controlul unificat al circulaţiilor de putere cu ajutorul UPFC (articol bilingv), nr. 5-6, p. 253, (număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente")

12. Ph. Delarue, C. Boguş, R. Bausiere, E. Milent, M. Crappe, M. Renglet, J. Trecat: Modelarea şi controlul unui sistem UPFC (articol bilingv), nr. 5-6, p. 263 (număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente")

13. Marius Pomârleanu, Lia Bejuscu: Stabilizarea grupurilor hidroenergetice de tip bulb cu ajutorul rezistenţelor de frânare, nr. 8, p. 368

V. CENTRALE TERMOELECTRICE

1. Constantin Dumitru, Paul Duca, Dan Predescu, Radu Cornea: Alegerea umpluturii turnurilor de răcire - problemă cu importante implicaţii tehnico-economice, nr. 3, p. 138

2. Constantin Jianu, Adrian Adam, Mihaela Moldovan, Constantin Neaga, Lucian Mihăescu, Tudor Prisecaru, Gabriel Negreanu: Analiza unor soluţii de arzătoare cu hidrocarburi cu NO_x scăzut utilizând modelarea numerică a proceselor din flacără, nr. 4, p. 147

3. Maria Şova, Dan Centea, Vasile Şova, Daniela Şova: Construcţia diagramei de ardere pentru un amestec format dintr-un combustibil solid (sau lichid) şi un combustibil gazos, asistat de calculator, nr. 4, p. 154

4. Nicolae Pănoiu, Gheorghe Lăzăroiu: Puncte de vedere asupra posibilităţii adaptării cazanelor cu ardere pulverizată a prafului de cărbune la arderea în strat circulant fluidizat, nr. 4, p. 167

5. Gabriel Romaşcu, Dumitru Drăguşin: Consideraţii cu privire la dimensionarea şi verificarea conductei de eşapare a supapelor de siguranţă din instalaţiile termoenergetice, nr. 8, p. 371

6. Constantin Neaga, Lucian Cojocia: Calculul vitezei de încalzire din starea rece a unui generator de abur cu circulaţie naturală, nr. 8, p. 376

7. Liana Turcu: Evaluarea modificărilor caracteristicilor de material în vederea determinării duratei de viaţă

pentru oţelurile slab aliate CrMoV, utilizate la confecţionarea conductelor de abur, nr. 8, p. 384
8. Gheorghe Lăzăroiu, Nicolae Pănoiu, Nicolae Dănilă: Reglarea adaptivă a temperaturii aburului, nr. 8, p. 390
9. Florin Boian, Sorin Zbarcea: Investigarea stării tehnice a betonului din suprastructura coşului de fum nr. 2 - CET Işalniţa, nr. 9, p. 413

VI. CENTRALE HIDROELECTRICE

1. Francisc Gyulai, Ion Santău, Adrian Bej: Experienţe tehnice şi bariere instituţionale în promovarea surselor aeroelectrice de energie, nr. 9, p. 418
2. Sorin Mihai: Procese în dezvoltare în roci salifere şi consecinţele de mediu, nr. 11, p. 501

VII. CENTRALE NUCLEAROELECTRICE

1. Ion Rogociu: Asigurarea calităţii în energia nucleară, practici internaţionale şi româneşti, nr.11, p. 508
2. Florin Alexe, Gheorghe Lăzăroiu: Modelarea dinamică a CNE tip PHWR, nr.11, p. 513
3. Emil Statie, Lucian Mândrea: Analiza cercetării experimentale a separatorului de mare viteză, nr. 11, p. 518

VIII. REŢELE ELECTRICE

1. Manfred Stein, Christiana Bărbulescu, Ana Vâlcereanu, Alexandru Molnar: Metode analitice de optimizare bazată pe fiabilitate a mentenanţei în reţelele electrice, nr.1, p. 32 (număr special "Teoria reţelelor. Concepte noi")
2. Mihai Ivan, Cristinel Subaşu, Tiberiu Aluaş, Dan Găvănescu: Monitorizarea energiei electrice distribuite în reţeaua de joasă tensiune - Pilot Buftea, nr. 3, p. 118
3. Romulus Sfichi: Consideraţii cu privire la dimensionarea filtrelor de absorbţie pe criteriul minimului puterii bateriilor de condensatoare, nr. 4, p. 180
4. Dan Fodor, Dan Floricău, Florin Ionescu, Cristian Boguş: Filtru activ paralel utilizat la compensarea curentului de linie în cazul redresoarelor, nr. 5-6, p. 275 (număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente")
5. Rafael Mihalič: Compensatorul static sincron serie şi sistemul electroenergetic (articol bilingv), nr. 5-6, p. 280 (număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente")
6. Adrian Buta, Adrian Pană: Criterii pentru compensarea puterii reactive în reţelele cu sarcini dezechilibrate, nr. 5-6, p. 289 (număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente")
7. Doru Păunescu, Felicia Lazăr: Protecţiile în SEN între "Da" şi "Nu", nr. 9, p. 425
8. Constantin Munteanu: Lucrul sub tensiune în reţelele electrice, nr. 9, p. 429
9. Hermina Albert: Consideraţii privind determinarea şi valoarea impedanţei homopolare a unităţilor de transformare cu tensiune primară 110 kV şi mai mult, nr.10, p. 443
10. Ioan Felea, Emil Dale: Aspecte privind impactul regimurilor deformante (RD) asupra fiabilităţii transformatoarelor electrice, nr.10, p. 452
11. Mihai Creţu, Ştefan Frăţilă, Lucian Niţă, Constantin Sărmăşanu, Cristian Foşalău: Cercetări privind realizarea unui sistem numeric de măsurare pentru determinarea parametrilor de calitate a energiei electrice, nr.10, p. 459
12. Eugeniu Potolea, Mihai Sănduleac, Radu Popa: Analiza sistemelor trifazate dezechilibrate şi nesinusoidale - o nouă abordare pornind de la teoria Budeanu, nr.10, p. 464
13. Mihai Ivan, Marin Crăciun, Luminiţa Elefterescu: Bancă de date privind calitatea energiei electrice, nr. 10, p. 470
14. Constantin Moldoveanu, Vlad Roşca, Constantin Vlaicu , Sorin Grigorescu, Ovidiu Codreanu: Metode perfecţionate de detecţie a deformării înfăşurărilor transformatoarelor de putere în exploatare, nr.12, p. 539
15. Nicolae Golovanov, Ion Conecini: Influenţa noncalităţii energiei electrice asupra consumatorilor industriali, nr.12, p. 562

IX. ALIMENTARE CU CĂLDURĂ

1. Gheorghe Iordache: Analiza tensiunilor tehnice locale la schimbătoarele de căldură în perioada de pornire, nr. 3, p. 112

XI. CHIMIA ÎN ENERGETICĂ

1. Alexandra Popescu, Anişoara Butnar: Compatibilitatea uleiurilor de transformator, nr. 9, p. 434

XII. PROTECŢIA MEDIULUI

1. Ovidiu Ţuţuianu: Efectele câmpurilor electrice şi magnetice asupra sănătăţii, în atenţia UNIPEDE, nr. 2, p. 91 (număr special "Creşterea eficienţei de utilizare a energiei electrice şi termice. Tehnologii electrice de utilizare a energiei")
2. Nicolae Băran: Consideraţii privind măsurarea concentraţiei de praf de cărbune în aer, nr. 4, p. 172
3. Ovidiu Ţuţuianu: "Externalităţile" la agenţii economici care evacuează poluanţi în mediul înconjurător, nr. 4, p. 176
4. Ovidiu Ţuţuianu, Georgeta Stănciulescu: Analiza factorilor care influenţează emisiile de CO_2 la producerea energiei electrice şi termice în instalaţiile RENEL, nr. 9, p. 405

5. Nicolae Băran: Elemente de calcul pentru dimensionarea hotelor de absorbţie, nr. 9, p. 410
6. Veronica Ioniţă: Aspecte privind impactul sistemului hidroenergetic Porţile de Fier asupra mediului înconjurător, nr.11, p. 491
7. Anişoara Butnaru: Askarel, nr.12, p. 550

XIV. TERMINOLOGIE
1. Sorin Hurdubeţiu, Mircea Eremia, Nicolae Golovanov: Scurt dicţionar de termeni şi abrevieri uzuale privind dispozitivele FACTS, nr. 5-6, p. 274 (număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente")

XV. ISTORIA ENERGETICII
1. Emil Costin: Tarifele pentru energia electrică în România în anii 1990 - 1996, nr.10, p. 477

XVI. NOUTĂŢI, INFORMAŢII
1. Gerard Gatllard: Prezentarea sumară a procesului marketing al furnizorului de energie electrică pe baza practicii EDF, nr. 4, p. 153, 171, 190
2. Ion Renţea, Mihaela Tomescu: Principalele modificări aduse standardelor ISO 9000 - ediţia 1995 faţă de 1991, nr.11, p. 526
3. Ion Renţea, Maria Tomescu: Fiabilitatea şi mentenanţa echipamentelor şi instalaţiilor energetice - costuri ale calităţii în cadrul RENEL, nr.12, p. 571

XX. DE PERSONIS
1. x x x, Nicolae Armencoiu nr. 1, p. 31 (număr special "Teoria reţelelor. Concepte noi")
2. x x x ing. Nicolae Niculescu nr.11, p. 507
3. Dinu Voinea: Emil Constantinescu, nr.11, p. 532
4. Eugeniu Pavel: prof. dr. ing. Cornel Bianchi, nr.12, p. 575

XXI. MANIFESTĂRI TEHNICO-ŞTIINŢIFICE
1. Călin Mihăileanu. De la Comitetul Român al CIGRÉ, nr. 1, p. 43 (număr special "Teoria reţelelor. Concepte noi")
2.Ella Ratcu: SYNEP'97, nr.12, p. 576

XXII. RECENZII
1. Mircea Cârdu: Ioana Ionel, Corneliu Ungureanu "Termoenergetica şi mediul", nr. 4, p.175
2. Nicolae Golovanov: Mircea Eremia "Noi tehnici în transportul energiei electrice. Aplicaţii ale electronicii de putere", nr. 5-6 p. 295 (număr special "Dispozitive FACTS pentru reţele electrice mai eficiente")
3. Mircea Cârdu: Creţea Gavril "Turbine cu abur şi cu gaze", nr.7, p. 339
4. Vasile Rugină: Leca, A. şi colectiv. "Principii de management energetic", nr.10, p. 485
5. Goia Laurenţiu: x x x Hütte - Manualul inginerului, nr. 11, p. 533

XXIII. DIN ENERGETICA MONDIALĂ
1. A. Guţu: Conversia centralelor termice industriale existente în centralele electrice cu termoficare, nr. 3, p. 104
2. Dana Chirvase, Marius Harsan, Dragoş Petricică: Sistemul informatic utilizat în conducerea prin dispecer a sistemului energetic al Greciei, nr. 4, p. 184
3. Gheorghe Manea: nr.11, p. 532

Regulamentul de funcţionare al revistei ENERGETICA, nr. 8, p. 395

INDICE DE AUTORI PENTRU ARTICOLELE APĂRUTE ÎN REVISTA ENERGETICA, PE ANUL 1997

Achim Bogdan, nr. 3, p.105, (II, 3)
Adam Adrian, nr. 4, p. 147 (V, 2)
Albert Hermina, nr. 10, p. 443 (VIII, 9)
Aldea Cornel, nr. 5-6, p. 247 (IV, 10)
Alexe Florin, nr.11, p 513 (VII, 2)
Aluaş Tiberiu, nr. 3, p. 118 (VIII, 2)
Antohi Tudor, nr. 2, p. 74 (IV, 3)

Bazacliu Gabriel, nr. 1, p. 38 (III, 3)
Băran Nicolae, nr. 4, p.172 (XII, 2), nr.10, p. 410 (XII, 6)
Bărbulescu Christiana, nr. 1, p. 32 (VIII, 1)
Bejuscu Lia, nr. 1, p. 3 (Editorial, 1), p. 9 (III, 1), p. 27 (IV, 2), nr. 8, p. 368 (IV, 13)
Bausiere R., nr. 5-6, p. 263 (IV, 12)
Bej Adrian, nr.9, p. 418 (VI, 1)
Boguş Cristian, nr. 5-6, p. 263 (IV, 12), p. 275 (VIII, 4)
Boian Florin, nr.9, p. 413 (V, 9)
Botgros Maria, nr. 1, p. 4 (IV, 1) p. 16 (III, 2),
Bulac Constantin, nr. 5-6, p. 204 (IV, 7), p. 241 (IV, 9)
Bunescu Constantin, nr. 1, p. 3 (Editorial, 1)
Burlacu Camelia, nr. 3, p. 130 (II, 4)
Buta Adrian, nr. 5-6, p. 289 (VIII, 6)
Butnaru Anişoara, nr.9, p. 434 (XI, 1), nr. 12, p. 550 (XII, 8)

Centea Dan, nr. 4, p. 154 (V, 3)
Cârdu Mircea, nr. 4, p. 175 (XXII, 1), nr. 7, p. 339 (XXII, 3)
Chirvase Dana, nr. 4, p. 184 (XXIII, 2)
Cîrţînă Gheorghe, nr.2, p. 84 (IV, 4)
Codreanu Ovidiu, nr. 12, p. 539 (VII, 14)

Cojocia Lucian, nr. 8, p. 376 (V, 6)
Conecini Ion, nr. 7, p. 347 (I, 12), nr. 12, p.562, (VIII, 15)
Constantinescu Jean, nr. 1, p. 38 (III, 3), nr. 7, p. 341 (I, 11)
Cornea Radu, nr.3, p. 138 (V, 1)
Costin Emil, nr. 10, p. 477 (XV, 1)
Crăciun Marin, nr.10, p. 470 (VIII, 13)
Creţu Mihai, nr. 10, p. 459 (VIII, 11)

Dale Emil, nr.10, p. 452 (VIII, 10)
Dănilă Nicolae, nr. 8, p. 390 (V, 8)
Delarue Ph., nr. 5-6, p. 263, (IV, 12)
Dicieanu Irina, nr. 3, p. 102 (I, 2)
Dimitriu Sorin, nr. 7, p. 301 (I, 4)
Drăguşin Dumitru, nr. 8, p. 371 (V, 5)
Duca Paul, nr. 3, p. 138 (V, 1)
Dumbravă Virgil, nr. 1, p. 38 (III, 3)
Dumitriu Cătălin, nr. 5-6, p. 204 (IV, 7), p. 241 (IV, 9)
Dumitru Constantin, nr. 3, p. 138 (V, 1)

Elefterescu Luminiţa, nr.10, p. 470 (VIII, 13)
Eremia Mircea, nr. 5-6, p. 203 (Editorial, 3), p. 204 (IV, 7), p. 241 (IV, 9), p. 274 (XIV, 1)

Fawkes Steven, nr. 2, p. 52 (II, 1)
Fătu Ion, nr. 4, p. 159 (IV, 6)
Felea Ioan, nr.10, p. 452 (VIII, 10)
Floricău Dan, nr. 5-6, p. 275 (VIII, 4)
Fodor Dan, nr. 5-6, p. 275 (VIII, 4)
Foşalău Cristian, nr. 10, p.459 (VIII, 14)
Figueredo Roberto, nr. 7, p. 430 (I, 10)
Frăţilă Ştefan, nr. 10, p. 459 (VIII, 11)

Gatllard Gerard, nr. 4, p. 153 (XVI, 1)
Găvănescu Dan, nr. 3, p. 118 (VIII, 2)
Gheorghe Octavian, nr. 1, p. 4 (IV,1), p. 16 (III, 2)
Gheorghe Mioara, nr. 1, p. 4 (IV, 1)
Goia Laurenţiu Miron, nr. 11, p. 533 (XXII, 5), nr. 12, p. 544 (I, 14)
Golovanov Carmen, nr. 2, p. 74 (IV, 3)
Golovanov Nicolae, nr.12, p. 562 (VIII, 15), nr. 5-6, p. 274 (XIV, 1), p. 295 (XXII, 2)
Grigorescu Sorin, nr.12, p. 539 (VIII, 14)
Grubb Michael, nr.7, p. 322 (I, 7)
Guşă Mihaela, nr. 3, p. 130 (II, 4)
Guţu A., nr. 3, p. 104 (XXIII, 1)
Gyulai Francisc, nr. 9, p. 418 (VI, 1)

Harşan Marius, nr. 4, p. 184 (XXIII, 2)
Hingorani Naraian G., nr. 5-6, p. 215 (IV, 8)
Hotopeleanu Doina, nr. 2, p. 64 (II, 2)
Hurdubeţiu Sorin, nr. 5-6, p. 274 (XIV, 1)

Ifrim Ion, nr. 3, p. 105 (II, 3)
Ionescu Sebastian, nr. 1, p. 4 (IV, 1), p. 16 (III, 2)
Ionescu Florin, nr. 5-6, p. 275 (VIII, 4)
Ioniţă Veronica, nr. 11, p. 491 (XII, 7)

Iordache Gheorghe, nr. 3, p. 112 (IX, 1)
Ivan Mihai, nr. 3, p. 118 (VIII, 2), nr. 10, p. 470 (VIII, 13)

Jianu Constantin, nr. 4, p. 147 (V, 2)

Lazăr Felicia, nr. 9, p. 425 (VIII, 7)
Lăzăroiu Gheorghe, nr. 4, p. 159 (IV, 6), p. 167 (V, 4), nr. 8, p. 390 (V, 8), nr. 11, p. 513 (VII, 2)
Leca Aureliu, nr. 5-6, p. 195, (I, 3), nr.7, p. 307 (I, 5)
Liciu Neculai, nr. 7, p. 313 (I, 6)
Lupşa Gheorghe, nr. 2, p. 74 (IV, 3)

Manea Gheorghe, nr. 11, p. 532 (XXIII, 3)
Marin Ştefan, nr. 2, p. 64 (II, 2)
Mândrea Lucian, nr. 11, p. 518 (VII, 3)
Miclescu Theodor, nr. 1, p. 38 (III, 3)
Mihalič Rafael, nr. 5-6, p. 222 (III, 4), p. 232 (III, 6), p. 253, (IV, 11), p. 280 (VIII, 5), nr. 8, p. 362 (III, 7)
Mihai Sorin, nr.11, p. 501 (VI, 2)
Mihăescu Lucian, nr. 4, p. 147 (V, 2)
Mihăileanu Călin, nr.1, p. 43 (XII, 1), nr. 5-6, p. 230 (III, 5)
Milent E., nr. 5-6, p. 263 (IV, 12)
Minteanschi Bogdan, nr.1, p. 16 (III, 2), p. 4 (IV, 1)
Moldovan Mihaela, nr. 4, p. 147 (V, 2)
Moldoveanu Constantin, nr.12, p. 539 (VIII, 14)
Molnar Alexandru, nr. 1, p. 32 (VIII, 1)
Moroldo Dan, nr. 3, p. 133 (II, 5)
Moraite Gheorghe, nr. 1, p. 4 (IV, 1)
Munteanu Constantin, nr. 9, p. 429 (VIII, 8)
Muşatescu Virgil, nr. 7, p. 329 (I, 8), nr. 8, p. 355 (I, 13)

Neaga Constantin, nr.4, p. 147 (V, 2), nr. 8, p. 376 (V, 6)
Neagoe Georgeta, nr. 2, p. 64 (II, 2)
Negreanu Gabriel, nr.4, p. 147 (V, 2)
Niţă Lucian, nr. 10, p. 459 (VIII, 11)

Pană Adrian, nr. 5-6, p. 289 (VIII, 6)
Patterson Walter, nr. 7, p. 322, (I, 7)
Pavel Eugeniu, nr. 1, p. 403 (Editorial, 5), nr.12, p. 575 (XX, 4)
Pănoiu Nicolae, nr.4, p. 167 (V, 4), nr. 8, p. 390 (V, 8)
Pătrăşcoiu Sorin, nr. 1, p. 9 (III, 1), nr. 3, p. 123 (IV, 5)
Păunescu Doru, nr. 9, p. 425 (VIII, 7)
Petricică Dragoş, nr. 4, p. 184 (XXIII, 2)
Poiată Teodor, nr. 2, p. 84 (IV, 4)
Pomârleanu Marius, nr. 1, p. 27 (IV, 2), nr. 8, p. 368 (IV, 13)
Popa Radu, nr.10, p. 464 (VIII, 12)
Popescu Cristina, nr. 5-6, p. 247 (IV, 10)
Popescu Alexandra, nr. 9, p. 434 (XI, 1)
Potolea Eugeniu, nr. 10, p.464 (VIII, 12)
Predescu Dan, nr. 3, p. 138 (V, 1)
Prisecaru Tudor, nr.4, p. 147 (V, 2)

Ratcu Ella, nr. 12, p. 576 (XXI, 2)
Renglet M., nr. 5-6, p. 263 (IV, 12)
Renţea Ion, nr. 11, p. 526 (XVI, 2), nr. 12, p. (XVI, 3)
Rogociu Ion, nr. 11, p. 508 (VII, 1)
Romaşcu Gabriel, nr. 8, P. 371 (V, 5)
Romert Victor, nr. 7, p. 336 (I, 9)
Roşca Vlad, nr.12, p. 539 (VII, 14)
Rugină Vasile, nr. 2, p. 51 (Editorial, 2), nr. 3, p. 99 (I, 1), nr.10 p. 485 (XXII, 4)

Santău Ion, nr.9, p. 418 (VI, 1)
Sănduleac Mihai, nr.10, p. 464 (VIII, 12)
Sărmăşanu Constantin, nr.10, p.459 (VIII, 11)
Scheuşan Ana, nr. 3, p. 105 (II, 3)
Sfichi Romulus, nr. 4, p. 180, (VIII, 3)
Stan Eugen, nr.3, p. 102 (I, 2)
Statie Emil, nr. 11, p. 518 (VII, 3)
Stănciulescu Georgeta, nr. 3, p. 105 (II, 3), nr. 9, p. 405 (XII, 5)
Stein Manfred, nr. 1, p. 32 (VIII, 1)
Subaşu Cristinel, nr. 3, p. 118 (VIII, 2)

Şova Maria, nr. 4, p. 154 (V, 3)
Şova Vasile, nr. 4, p. 154 (V, 3)
Şova Daniela, nr. 4, p. 154 (V, 3)

Tetelbaum Veronica, nr. 1, p. 16 (III, 2)
Tomescu Mihaela, nr. 11, p. 526 (XVI, 2), nr.12, p. 571 (XVI, 3)
Trecat J., nr. 5-6, p. 263 (IV, 12)
Triştiu Ion, nr. 5-6, p. 204 (IV, 7), p. 241 (IV, 9)
Tudose Maria, nr. 1, p. 9 (III, 1)
Tudose Mugur Arald, nr. 1, p. 9 (III, 1)
Turcu Liana, nr. 8, p. 384 (V, 7)

Ţuţuianu Ovidiu, nr. 2, p. 91 (XII, 1), nr. 4, p. 176 (XII, 3), nr. 9, p. 405 (XII, 4)

Vâlcereanu Ana, nr. 1, p. 32 (VIII, 1)
Velicu Ştefania, nr. 1, p. 4 (IV, 1), p. 16 (III, 2)
Vlaicu Constantin, nr,12, p. 539 (VIII, 14)
Voinea Dinu, nr.11, p. 532 (XX, 3)

Zbarcea Sorin, nr. 9, p. 413 (V, 9)

ANUNŢ IMPORTANT !

Redacţia revistei ENERGETICA anunţă toţi abonaţii, cititorii şi colaboratorii că, începând din luna decembrie, îşi pot reînnoi abonamentele pe anul 1998.

De asemenea, la redacţia revistei se primesc comenzi pentru reclame, pentru anul 1998.

Informaţii suplimentare se pot obţine la redacţie, tel. 3 22 06 92.

CONTENTS

CONSTANTIN MOLDOVEANU, VLAD ROŞCA, CONSTANTIN VLAICU , SORIN GRIGORESCU, OVIDIU CODREANU: Improved methods for the detection of the operational power tramsformers windings deformation 539

MIRON LAURENŢIU GOIA: New aspects regarding the medium voltage network neutral treatment solutions 544

ANIŞOARA BUTNAR: Askarel 550

NICOLAE GOLOVANOV, ION CONECINI: The influence of electricity non-quality on the industrial (major) consumers 564

INFORMATION

ION RENŢEA, MIHAELA TOMESCU: Reliability and maintenance of power equipment and installations-quality costs within RENEL 571

DE PERSONIS

EUGENIU PAVEL: prof dr. eng. Cornel Bianchi 575

TECHNICAL AND SCIENTIFIC MEETINGS

ELLA RATCU : SYNEP'97 576

General contents of the ENERGETICA review, for 1997 582

Alphabetic index of the authors of articles published by the ENERGETICA REVIEW, FOR 1997 585

СОДЕРЖАНИЕ

КОНСТАНТИН МОЛДОВЕАНУ, ВЛАД РОШКА, ОВИДИУ КОДРЯНУ, КОНСТАНТИН ВЛАЙКУ: Улучьшение методов определения деформации обматок силовых трансфоматоров 539

МИРОН ЛАРЕНЦИУ ГОЯ: Среднесрочьная политика в области обработки ноля в сетях среднего напряжения 544

АНИШОАРА БУТНАР: АСКАРЕЛЬ 550

НИКОЛАЕ ГОЛОВАНОВ: Влияние некачественной электроэнергии на промышленных потребителей 564

ИНФОСМАЦИЯ

ИОН РЕНЦЕА, МИХАЕЛА ТОМЕСКУ: Надёжность и уход за энергетическими установками и оборудованием - расходы по качеству в РЭНЭЛ 571

575

DE PERSONIS

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Симпозион CIGRÉ в курорте Нептун 1997 576

Общее содержание журнала ЭНЕРГЕТИКА на 1997 год 582

Алфабитный указатель авторов статей опубликованных в журнале ЭНЕРГЕТИКА на 1997 год 585

INHALT

CONSTANTIN MOLDOVEANU, VLAD ROŞCA, CONSTANTIN VLAICU , SORIN GRIGORESCU, OVIDIU CODREANU: Verbesserte Methoden zur Feststellung der im Betrieb verformten Wicklungen der Leistungstransformatoren 539

MIRON LAURENŢIU GOIA : Die Mittelfristige Politik auf dem Gebiet der Sternpunktbehandlung in den Mittelspannungsnetzen 544

ANIŞOARA BUTNAR : Askarel 550

NICOLAE GOLOVANOV, ION CONECINI: Der Einfluß der qualitätslosen Elektroenergie auf die Industrieverbraucher 562

INFORMATIONEN

ION RENŢEA, MIHAELA TOMESCU : Die Lebensdauer und die Instandhaltung der Energieanlagen - und Ausrüstungen - die Kosten der Qualität innerhalb der RENEL 571

DE PERSONIS

xxx prof. dr. ing.Cornel Bianchi 575

TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN

ELLA RATCU: SYNEP'97 576

Gesamter inhalt zeitschrift, ENERGETICA, ERSCHEINUNGSJAHR 1997 582

Alphabetische abfuhrung der autoren, deren artikel in der zeitschrift ENERGETICA , 1997, erschuenen sind 585

SOMMAIRE

CONSTANTIN MOLDOVEANU, VLAD ROŞCA, CONSTANTIN VLAICU , SORIN GRIGORESCU, OVIDIU CODREANU: Des méthodes perfectionnées pou détecter la déformation des enroulements des transformateurs de puissanee en exploitation 539

MIRON LAURENŢIU GOIA : La politique à mmoyen terme concernant le traitement du neutre des réseaux tension mayenne 544

ANIŞOARA BUTNAR : Askarel 550

NICOLAE GOLOVANOV, ION CONECINI: L'influence de la mouvaise qualité de l'énergie électrique sur les consommateurs industriles 562

INFORMATIONS

ION RENŢEA, MIHAELA TOMESCU : La fiabilité ei la mainténance des matériels et installations énergétiques - les coûts de la qualité au niveau de RENEL 571

DE PERSONIS

xxx prof. dr. ing.Cornel Bianchi 575

CONFÉRENCES TECHNIQUES - SCIENTIFIQUES

Le symposium CIGRÉ - Neptun 1997 576

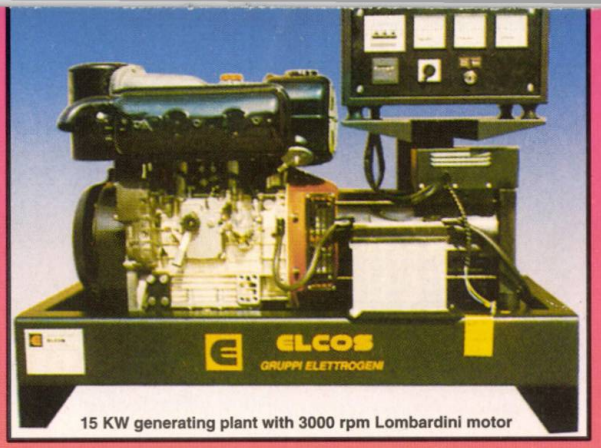
Sommaire general de la revue ENERGETICA, 1997 582

Index alphabetique des auteurs des articles publues dans la revue ENERGETIC, en 1997 585

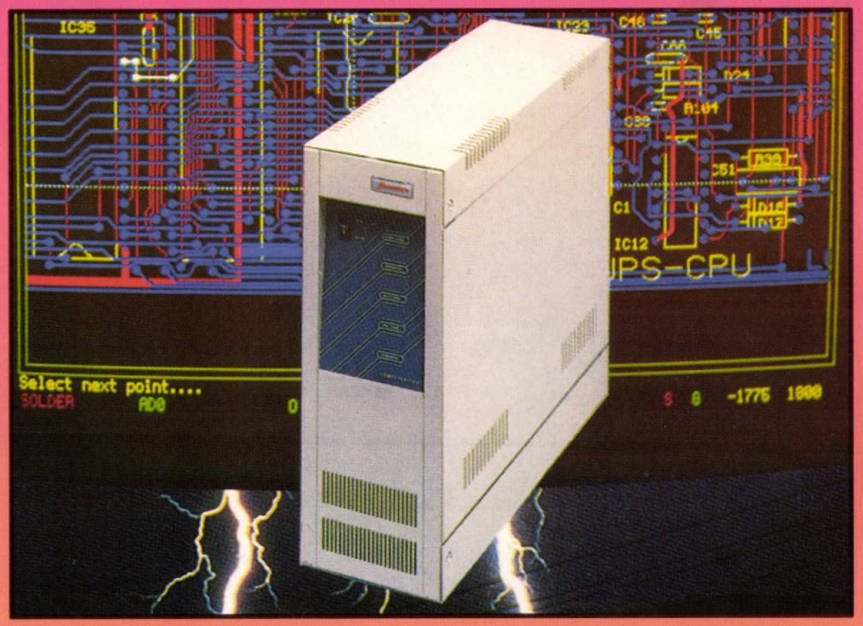
MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONTI ÉS KÖNYVTÁR 1989 ORSZÁGOS

RO SHANDY s.r.l.

TEL.: 0040/1/746.05.67
TEL./FAX: 0040/1/312.95.10
BUCUREŞTI sector 6,
BD. TIMIŞOARA 39, bl. 36, ap.11



15 KW generating plant with 3000 rpm Lombardini motor

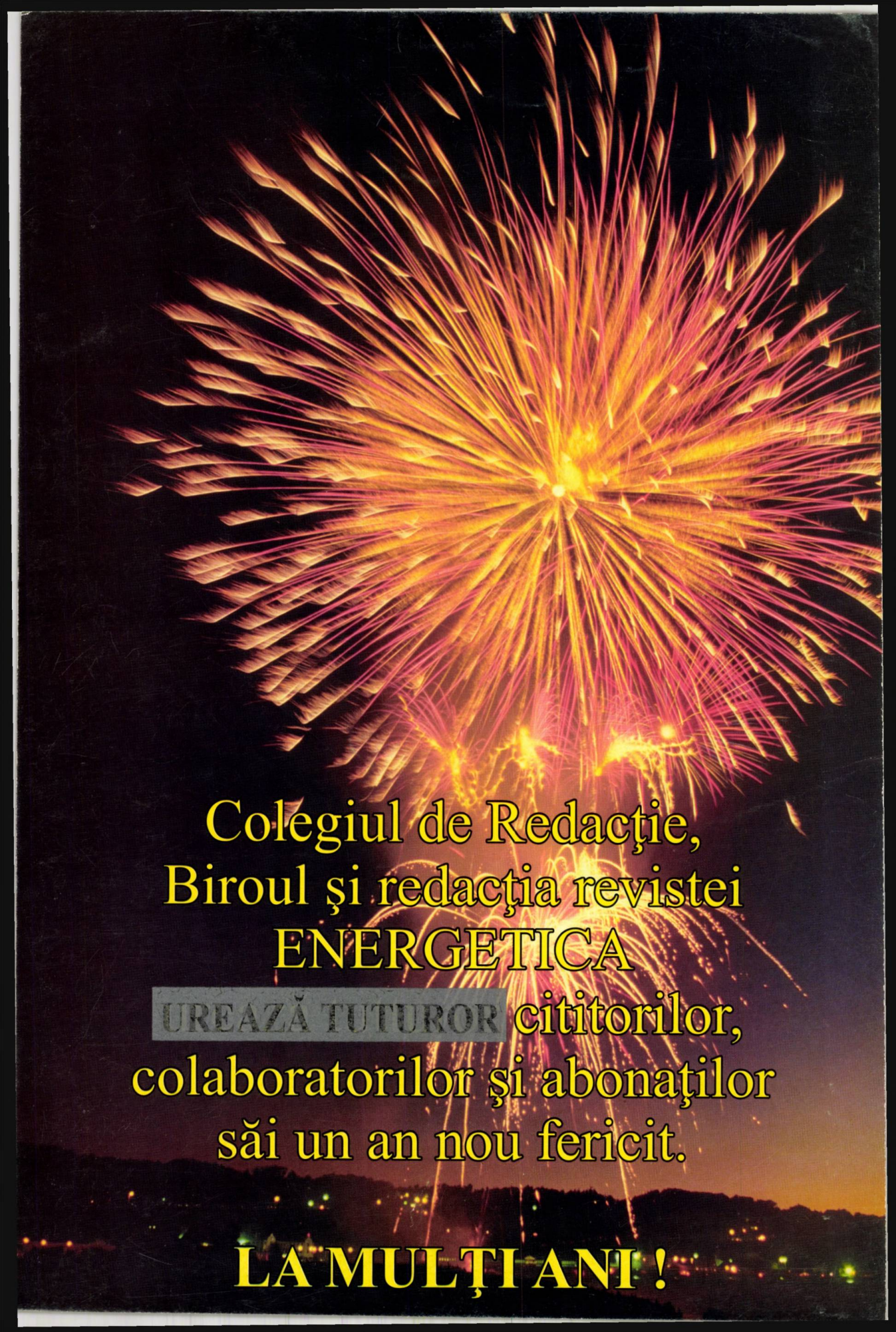


Societatea româno-italiană **RO SHANDY SRL** a fost creată ca societate mixtă cu parteneri italieni producători de echipamente electronice. Societatea funcţionează în domeniile: comerţ, producţie, proiectare, service pe echipamente fabricate în ITALIA.

Echipamentele pe care le oferim sunt următoarele:

- **SURSE DE ALIMENTARE NEÎNTRERUPTĂ** (UPS) în gama 100W...26kVA cu aplicaţii de alimentare a calculatoarelor şi reţelelor de calculatoare, sisteme de telecomunicaţii, centrale digitale, aparatură medicală, procese automatizate.
- **INVERTOR+REDRESOR** gama 500 VA.....800 kVA cu aplicaţii industriale, navale etc.
- **INVERTOARE SPECIALE** 110 Vc.c./220 Vc.a. şi 220 Vc.c./220 Vc.a. pentru staţii electrice RENEL.
- **STABILIZATOARE C.A** mono şi trifazate 300 W.....100 kVA.
- **REDRESOARE** cu microprocesor pentru încărcarea bateriilor.
- **CONVERTIZOARE TRIFAZATE c.a./c.c.** reversibile, cu recuperare de energie în reţea, controlate cu microprocesor.
- **CONVERTIZOARE STATICE DE FRECVENŢĂ FIXĂ** în gama 45...400 Hz şi puteri 1...600 kVA.
- **CONVERTIZOARE STATICE DE FRECVENŢĂ VARIABILĂ** pentru acţionarea motoarelor asincrone, monofazate şi trifazate, cu microcontroler şi control de câmp cu puteri 0,75....110 kW.
- **DEMAROR DE MOTOARE ASINCRONE**
- **GRUPURI ELECTROGENE** cu motoare IVECO AIFO, CUMMINS, PERKINS, VOLVO PENTA, SAME, VM, LOMBARDINI, LISTER PETTER, cu gama între 2...1400 kVA, răcire cu apă sau aer insonorizate, mobile sau construite în bază fixă.

Întreprinderea producătoare italiană *SHANDY* este atestată ISO 9001, iar produsele sunt omologate de institutul german FACHAUSSCHUB ELEKTROTECHNIK.


Colegiul de Redacţie,
Biroul şi redacţia revistei
ENERGETICA
UREAZĂ TUTUROR cititorilor,
colaboratorilor şi abonaţilor
săi un an nou fericit.
LA MULŢI ANI !